

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA
DA COMPUTAÇÃO

Lisiane Albuquerque Reis

SANEP – Sistema Especialista Probabilístico de
Apoio a Nutrição Enteral Pediátrica

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação


Silvia Modesto Nassar, Dr^a
Orientadora

Florianópolis, dezembro de 2001

SANEP – Sistema Especialista Probabilístico de Apoio a Nutrição Enteral Pediátrica

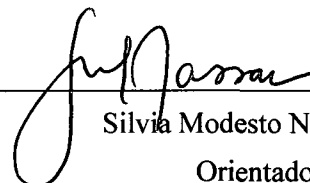
Lisiane Albuquerque Reis

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Computação na Área de Sistemas de Conhecimento e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

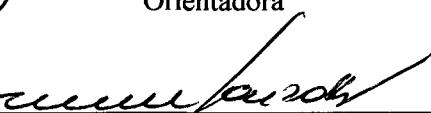


Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora



Silvia Modesto Nassar, Dr^a
Orientadora



Maria Marlene de Souza Pires, Dr^a
Co-orientadora



Fernando Mendes de Azevedo, Dr.



João Bosco da Mota Alves. Dr.

Agradecimentos

À Profa. Dra. Sílvia Modesto Nassar e à Dra. Maria Marlene de Souza Pires, pela orientação e co-orientação respectivamente, que trabalharam com muita seriedade, dedicação e carinho, mostrando-se sempre atenciosas, pacientes e dispostas. Agradeço pelo interesse e preocupação em desenvolver este difícil mas importante trabalho para uma área tão delicada e imprescindível como a nutrição enteral. Além de orientadoras, tornaram-se minhas amigas e, a meu ver, modelo para qualquer estudante ou profissional da área de informática e medicina.

Às amigas Juliana Amaral Arantes, Maria Nazaré Munari Angeloni e Moema Luz Cargnin pela amizade, companheirismo, carinho e atenção desde a graduação em Ciências da Computação.

Ao Michel, meu noivo, que sempre esteve presente com compreensão, afeto, respeito e o mais importante, amor.

Aos meus pais por todo ao estímulo, apoio, dedicação e lição de vida que nos dão todos os dias de nossas vidas.

A todas aquelas pessoas que, mesmo sem serem citadas, contribuíram com sugestões, críticas, amizade, atenção, colaboração e incentivo, tornando este trabalho uma realidade.

E a Deus pelo dom da vida...

Sumário

AGRADECIMENTOS.....	III
SUMÁRIO.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABELAS.....	IX
ÍNDICE DE ACRÔNIMOS	X
RESUMO.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS.....	19
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	19
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	19
1.2 REVISÃO DA LITERATURA	20
1.2.1 <i>Sistemas Especialistas Medicina</i>	20
1.2.2 <i>Sistemas Especialistas Probabilísticos</i>	22
1.2.3 <i>Sistemas Especialistas Probabilísticos na Medicina</i>	23
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	28
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	29
2.1 INFORMÁTICA MÉDICA.....	29
2.2 APLICAÇÃO MÉDICA	34
2.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	37
2.4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA MEDICINA.....	39
2.5 SISTEMAS ESPECIALISTAS	42
2.6 SISTEMAS PROBABILÍSTICOS	45
2.6.1 <i>Teorema de Bayes e Razões de Probabilidade</i>	47
2.6.1.1 Probabilidade Condicional	47
2.6.1.2 Propriedades da Probabilidade Condicional	48
2.6.1.3 Teorema de Bayes	49
2.6.1.4 Independência de Eventos	50

2.6.1.5	Teorema de Bayes com Evidências Múltiplas e Independentes.....	51
2.6.1.6	Atualização Bayesiana para uma Nova Evidência.....	51
2.6.2	<i>Redes Bayesianas</i>	52
2.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
3	NUTRIÇÃO ENTERAL.....	57
3.1	DESNUTRIÇÃO ENERGÉTICO-PROTÉICA.....	57
3.2	SUPORTE NUTRICIONAL	59
3.2.1	<i>Equipe de Suporte Nutricional</i>	61
3.3	NUTRIÇÃO ENTERAL	62
3.4	CÁLCULO DAS NECESSIDADES NUTRICIONAIS.....	68
3.4.1	<i>Necessidades energéticas</i>	69
3.4.2	<i>Necessidades protéicas</i>	70
3.4.3	<i>Necessidades hídricas</i>	72
3.4.4	<i>Necessidades de Carboidratos</i>	72
3.4.5	<i>Necessidades Lipídicas</i>	73
3.4.6	<i>Necessidades de Eletrólitos</i>	73
3.4.7	<i>Necessidades de Vitaminas</i>	74
3.4.8	<i>Necessidades de Oligoelementos</i>	75
3.5	DIETA ENTERAL	75
3.5.1	<i>Dietas Gerais Hospitalares</i>	76
3.5.2	<i>Dietas Formuladas</i>	76
3.5.3	<i>Dietas “Blenderizadas”</i>	77
3.5.4	<i>Dietas Lácteas</i>	77
3.5.5	<i>Dietas Elementares</i>	78
3.5.6	<i>Dietas Modularizadas</i>	79
3.5.7	<i>Suplementos Alimentares</i>	79
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
4	O SISTEMA SANEP.....	81
4.1	AQUISIÇÃO E REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	83
4.1.1	<i>Demonstração de como a shell Netica inicializou a RB</i>	88
4.2	IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA PROBABILÍSTICO.....	90
4.2.1	<i>Funções Utilizadas para a Integração Delphi/Netica</i>	92
4.2.1.1	Funções para Manipulação de Erro	92
4.2.1.2	Operações com Arquivos.....	92
4.2.1.3	Propagação das Evidências.....	92
4.2.1.4	Compilação e Atualização das Evidência.....	93
4.2.1.5	Operações com Nós.....	93
4.2.1.6	Operações com o Sistema Netica.....	93

4.3	INTERFACE COM O USUÁRIO.....	94
4.4	RELATÓRIOS E GRÁFICOS DE ACOMPANHAMENTO.....	99
4.5	MÓDULO DE AJUDA	101
4.6	AValiação DO SISTEMA SANEP	103
4.7	CONSULTA AO SISTEMA	105
5	CONCLUSÕES	110
5.1	TRABALHOS FUTUROS.....	112
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
	ANEXO I	124
	APÊNDICE I.....	129

Índice de Figuras

Figura 1 - Arquitetura do SIDENP	18
Figura 2 - Processos básicos de tomada de decisão em Medicina(SABBATINI, 1993)	36
Figura 3 - Componentes de um sistema especialista	43
Figura 4 – Evento e conjunto de hipóteses H	49
Figura 5- Etapas para o atendimento/diagnóstico médico(IATROS).....	82
Figura 6 - Rede Bayesiana do sistema SANEP	86
Figura 7 - Representação do raciocínio abdutivo	87
Figura 8 - Representação do raciocínio indutivo	88
Figura 9 - Tabela na shell Netica que representa o vetor das probabilidades à priori da variável Nutricao_Enteraleite	89
Figura 10 - Representação gráfica da Parte Quantitativa da variável Intolerancia_lactose	89
Figura 11 - Tela que realiza Integração do Delphi com o Netica	91
Figura 12 - Tabelas utilizadas pelo sistema SANEP	95
Figura 13 – Tela de encaminhamento da Dieta Nutricional	96
Figura 14 - Tela para indicação da Dieta Láctea	96
Figura 15 - Tela de parâmetros do Plano Nutricional.....	97
Figura 16 - Tela com os dados da Dieta Enteral do SANEP	98
Figura 17 - Tela de cadastro de leites	98
Figura 18 - Tela de Acompanhamento de Pacientes do SANEP	99
Figura 19 - Relatório de Plano Nutricional / Dieta Enteral do SANEP	100
Figura 20 - Relatório de Cadastro de Leites do SANEP.....	100
Figura 21 - Gráfico para análise dos leites disponíveis no SANEP.....	101
Figura 22 - Tela de Ajuda do sistema SANEP	102
Figura 23 - Tela de Tópico da Ajuda do sistema SANEP	102
Figura 24 - Gráficos de Propagação de Ruídos na RB do SANEP.....	104
Figura 25 - Representação da dissimilaridade de crenças de especialistas.....	105

Figura 26 - Tela com a indicação do tipo de leite para um paciente no SANEP.	106
Figura 27 - Hipóteses Diagnósticas definidas pela RB do SANEP	106

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Vias de acesso para NE	64
Tabela 2- Métodos de Administração de NE.....	65
Tabela 3 – Necessidades energéticas até 12 meses.....	69
Tabela 4 - Necessidades energéticas até 10 anos.....	70
Tabela 5 - Necessidades protéicas até 12 meses.....	71
Tabela 6 - Dose Inócua de Proteínas até 10 anos	71
Tabela 7 - Tabela de Necessidades Hídricas, segundo Holliday-Sedar.....	72
Tabela 8 - Necessidades diárias de eletrólitos sob condições normais.....	74
Tabela 9 - Necessidades diárias de vitaminas em RN e lactentes	74
Tabela 10 - Necessidades diárias de oligoelementos.....	75
Tabela 11 - Composição dos principais leites	77
Tabela 12 - Capacidade Máxima de Absorção Intestinal de Nutrientes.....	78
Tabela 13 - Distribuição das probabilidades a priori evidências do SANEP	85

Índice de Acrônimos

COPPE	Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia
CRM	Conselho Regional de Medicina
CRS	Carga Renal de Soluto
DEP	Desnutrição Energético Protéica
EEG	Sinais Eletroencefalográficos
FNCTS	Fórum Nacional de Ciência e Tecnologia em Saúde
GI	Gastro-intestinal
IA	Inteligência Artificial
IAC	Inteligência Artificial Conexionista
IAM	Inteligência Artificial em Medicina
IAS	Inteligência Artificial Simbólica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEB-UFSC	Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina
IMIA	<i>Internacional Association of Medical Informatics</i>
INAN	Instituto Nacional de Alimentação e Nutrição
NE	Nutrição Enteral
NP	Nutrição Parenteral
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONG	Organização Não Governamental
PNSN	Pesquisa Nacional de Saúde e Nutrição
RB	Redes Bayesianas
RBC	Raciocínio Baseado em Casos
RN	Récém-nascido
SBEB	Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica
SBIS	Sociedade Brasileira de Informática em Saúde
SCAMC	<i>Symposium on Computer Applications in Medical Care</i>
SE	Sistema Especialista

SEP	Sistema Especialista Probabilístico
SN	Suporte Nutricional
SPE	Subnutrição Protéica Energético
SPM	Síndrome da Privação Materna
TGI	Trato gastro-intestinal
TMB	Taxa de Metabolismo Basal
TN	Terapia Nutricional
UTI	Unidade de Treinamento Intensivo
UUV	<i>Unmanned Underwater Vehicle</i>

Resumo

Este trabalho descreve a construção de sistemas baseados em conhecimento aplicados ao apoio a diagnóstico clínico utilizando sistemas especialistas probabilísticos. Desenvolveu-se um protótipo para apoio ao cálculo da dieta enteral, uma das formas de tratamento da desnutrição energético protéica infantil, que é uma das carências nutricionais de maior importância no país. Este sistema, denominado SANEP (Sistema de Apoio a Nutrição Enteral Pediátrica), é capaz de indicar e calcular a dieta enteral para crianças desnutridas até 2 anos de idade. A base de conhecimento do SANEP foi construída utilizando redes bayesianas, por meio da *shell* Netica, realizando o raciocínio inferencial por meio do Teorema de Bayes. Serão usuários do sistema médicos, nutricionistas e demais profissionais de um equipe de suporte nutricional, desta forma o SANEP foi desenvolvido no ambiente Delphi 5, que oferece uma interface agradável, e integrando-se a base de conhecimento através das *DLL's* da *shell* Netica. A avaliação qualitativa realizada junto a médicos pediatras, especialistas do domínio de conhecimento, verificou-se que o SANEP é de fácil utilização, apresentando resultados satisfatórios às diversas consultas realizadas. A avaliação quantitativa foi realizada gerando ruídos nas probabilidades condicionais da rede bayesiana, concluindo-se que esta permaneceu robusta para aumentos em até 40% nos menores valores de probabilidade. Com a implantação em maternidades e ambulatorios tem-se a possibilidade de utilização prática do SANEP, com a diminuição do tempo dispendido no cálculo manual da nutrição enteral, disponibilizando para os profissionais da equipe nutricional a oportunidade de preocupar-se mais com a fisiopatologia das doenças, com o diagnóstico e o atendimento da criança.

Palavras Chaves: Inteligência Artificial, Sistemas Especialistas Probabilísticos, Redes Bayesianas, Nutrição Enteral.

Abstract

his work describes the construction of systems based on knowledge applied to the bracket the clinical diagnosis using systems probabilist specialists. An archetype for bracket to the calculation of the enteral diet was developed, one of the forms of handling of the infantile protéica energy malnutrition, that is one of the nutricionais lacks of bigger importance in the country. This system, called SANEP (System of Bracket the Nutrition Enteral Pediátrica), is capable to indicate and to calculate the enteral diet for children unfed up to 2 years of age. The base of knowledge of the SANEP was constructed using bayesianas networks, by means of shell Netica, carrying through the inferencial reasoning by means of the Theorem of Bayes. They will be using of medical, nutritionists and excessively professional the system of one team of nutricional bed, of this form the SANEP was developed in the environment Delphi 5, that it offers a pleasant interface, and combining it base of knowledge through the DLL's of shell Netica. The together qualitative evaluation carried through the doctors pediatras specialists of the knowledge domain, was verified that the SANEP is of easy use, presenting resulted satisfactory to the diverse carried through consultations. The quantitative evaluation was carried through generating singings in the conditional probabilities of the bayesiana network, concluding that this remained robust for increases in up to 40% in the lesser values of probability. With the implantation in ambulatory maternities and it is had possibility of practical use of the SANEP, with the reduction of the time spent in the manual calculation of the enteral nutrition, disponibilizando for the professionals of the nutricional team the chance to be worried more about the fisiopatologia of the illnesses, the diagnosis and the attendance of the child.

Keywords: *Artificial Inteligence, Specialist Probabilistic Systems, Bayesian Networks, Enteral Nutrition.*

1 Introdução

Pensar que crianças desnutridas só existem nos países da África, da Ásia ou no Nordeste brasileiro é comum entre nós, mas este é um problema que toma conta de várias partes do mundo. Se for realizada uma visita à ala de pediatria do Hospital Universitário, em Florianópolis, serão encontradas crianças internadas com desnutrição energético protéica de terceiro grau (grave).

A desnutrição energético protéica (DEP) é uma das carências nutricionais de maior importância no país, só suplantada pela anemia ferropriva.(MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1994)

Os dados a respeito do quadro de fome e desnutrição no Brasil são escassos, visto que as duas últimas grandes enquetes nacionais foram realizadas em 1974 e 1989. Dados da Pesquisa Nacional de Saúde e Nutrição (PNSN/INAN – IBGE, 1989) mostram que uma em cada três crianças brasileiras menores de 5 anos (30,7%) apresenta algum grau de mal nutrição (déficit peso/idade) e que 5,1 % sofrem de formas moderadas os graves. Isto corresponde em números absolutos a 4.191.288 e 832.885 crianças menores de 5 anos, respectivamente. A prevalência da desnutrição é maior em crianças menores de 2 anos (75%) na zona rural (41,6%) do que na urbana (25,7%) e na região nordeste onde os valores são duas vezes superiores (46,1%) do que aqueles das regiões sul (17,2%) e sudeste (21,7%).(MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1994)

O único dado recente sobre desnutrição encontrado se refere a uma pesquisa realizada em 1996, no âmbito do governo federal, através do Programa Nacional de Demografia e Saúde, que apontou um índice de 5,7% de crianças desnutridas no Brasil.(GRUPO ORIGEM, 2001)

A desnutrição grave é um indicador de risco epidemiológico individual e familiar, de forma que a identificação de um desnutrido corresponde à

identificação de um micro-ambiente que deve ser trabalhado de forma integral e intensiva.

A desnutrição é um importante fator de risco de mortalidade por doenças infecciosas. A letalidade do sarampo aumenta em mais de 50 vezes em crianças desnutridas; o baixo peso ao nascer está associado com até 75% dos óbitos nos primeiros meses de vida, sobretudo por complicações infecciosas; o desmame precoce aumenta 14 vezes o risco de morte por diarreia, em 2,5% vezes por infecções respiratórias agudas e 1,2% por outros processos infecciosos.(MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1994)

O sinergismo desnutrição/infecção constitui o eixo em torno do qual giram as grandes prioridades de saúde dos países e/ou populações pobres. Portanto, são situações que, embora diversas em termos etiológicos, tornam-se contíguas e quase contíguas em escala epidemiológica, não podendo ser compreendidas e trabalhadas de forma separada e autônoma.(MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1994)

O tratamento para DEP pode ser realizado, de acordo com o estado da criança, utilizando (REIS, 1997):

- antibióticos;
- dietas especiais com uso de leites hidrolisados de proteínas ou isentos de lactose;
- nutrição através de sonda enteral;
- suporte metabólico através da nutrição parenteral periférica ou total;
- cálculo adequado e monitorado diariamente dos requerimentos protéicos, lipídicos e carboidratos;
- cálculo da relação calórico nitrogenada de acordo com a condição clínica de cada paciente;
- controle da ingestão de sódio.

Segundo Wilmore (WILMORE, 1989) desde a implantação nos EUA, em 1967, o mercado de suporte nutricional, principalmente de nutrição enteral (mais

simples, econômica e igualmente eficaz as demais), movimenta bilhões de dólares por ano. Desta forma a nutrição enteral cresce geometricamente dentro dos hospitais, por isto a necessidade de uma aplicação que auxilie a equipe de suporte nutricional na geração e acompanhamento da dieta enteral em crianças de 0 a 2 anos com desnutrição grave.

A criança é um ser em crescimento e desenvolvimento, sendo portanto a nutrição fundamental para que esse processo possa acontecer adequadamente. Quando há desvios do crescimento em decorrência de distúrbios nutricionais, o cálculo de uma dieta adequada requer conhecimento especializado e depende de tempo e atenção cuidadosa para que se obtenha sucesso dessa terapia nutricional. Vários pontos entram no cálculo dessa dieta: idade, grau de desnutrição, etiologia, anorexia, grau de má-absorção e contexto familiar e social.

Através da informática é possível auxiliar equipes de suporte nutricional no tratamento da DEP. Assim, o profissional utiliza melhor o seu tempo, preocupando-se mais com a fisiopatologia das doenças e com o diagnóstico.

A evolução da inteligência artificial tem oferecido resultados satisfatórios quanto a aplicabilidade das técnicas inteligentes, no meio científico, tecnológico, como também em aplicações voltadas a área médica, entre outros.

Sistemas especialistas para auxiliar a decisão médica podem representar a incerteza do raciocínio médico, pois podem representar adequadamente o conhecimento médico sendo possível justificar um diagnóstico ou a aplicação do tratamento escolhido. Além disto, sistemas especialistas têm a capacidade de auto aprendizagem, quando implementado algoritmo próprio para esta atividade, mantendo-se atualizado.

Os sistemas especialistas probabilísticos, que trabalham com a incerteza num domínio de conhecimento, por meio da distribuição de probabilidades condicionais em redes bayesianas, são um dos modelos de IA utilizados para a

aplicação, pois trabalham com a incerteza presente nas informações e no raciocínio médico.

Tanto os sistemas especialistas probabilísticos quanto os que utilizam Raciocínio Baseado em Casos¹ (paradigma de IA que modela o raciocínio do especialista) são indicados para aplicações na área médica, como verificado em (ANGELONI, 2000) e (REIS, 1997).

Em RBC o aprendizado pode ser fácil pelo fato de não precisar de uma aquisição de conhecimento do domínio do problema, isto é, o conhecimento do domínio está representado na base de casos. Portanto, a base de casos do sistema deve ser representativa do domínio de aplicação. Esta base é adquirida através da representação de boa parte do raciocínio médico, já que este é realizado através de “histórias” (sintomas, exames, etc. de pacientes antigos), sem precisar refazer o processo de raciocínio que já havia realizado. Um dos problemas encontrado em RBC é o aumento contínuo da base de dados, que a longo prazo pode comprometer tanto os resultados obtidos pelos algoritmos de similaridade de casos, quanto ao desempenho (tempo de resposta) do sistema.

Os sistemas especialistas probabilísticos, por sua vez, representam incerteza no conhecimento. Sua aplicabilidade na área médica se deve ao fato desta estar repleta de incerteza. Em geral, esta incerteza se refere a informações incompletas e inexatas fornecidas pelo próprio paciente ou por exames e testes laboratoriais.

Este trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema especialista probabilístico, denominado SANEP – Sistema de Apoio a Nutrição Enteral Pediátrica. Este sistema se propõe a oferecer apoio na indicação e cálculo da dieta enteral adequada para o tratamento da DEP.

¹ Raciocínio Baseado em Casos (RBC) faz uso da experiência de casos passados para analisar e resolver uma situação atual. A inferência é realizada calculando-se o grau de similaridade entre os casos armazenados em uma base de conhecimento e um caso atual.

Observados os modelos de inteligência artificial, a realização desta pesquisa pode proporcionar uma contribuição na divulgação da aplicabilidade da modelagem por meio da abordagem probabilística em aplicações na área médica.

Este trabalho também visa complementar um dos módulos, denominado SANEP, do sistema SIDENP que apresenta sua arquitetura na Figura 1. O sistema SIDENP quando completo, realizará o diagnóstico do estado nutricional e da dieta alimentar de crianças com até dois anos de idade, e tem como objetivo o desenvolvimento de um ambiente de diagnóstico e terapia nutricional, e de ensino-aprendizagem em desnutrição infantil. O SIDENP está em desenvolvimento utilizando a abordagem de sistemas multiagentes em IA.

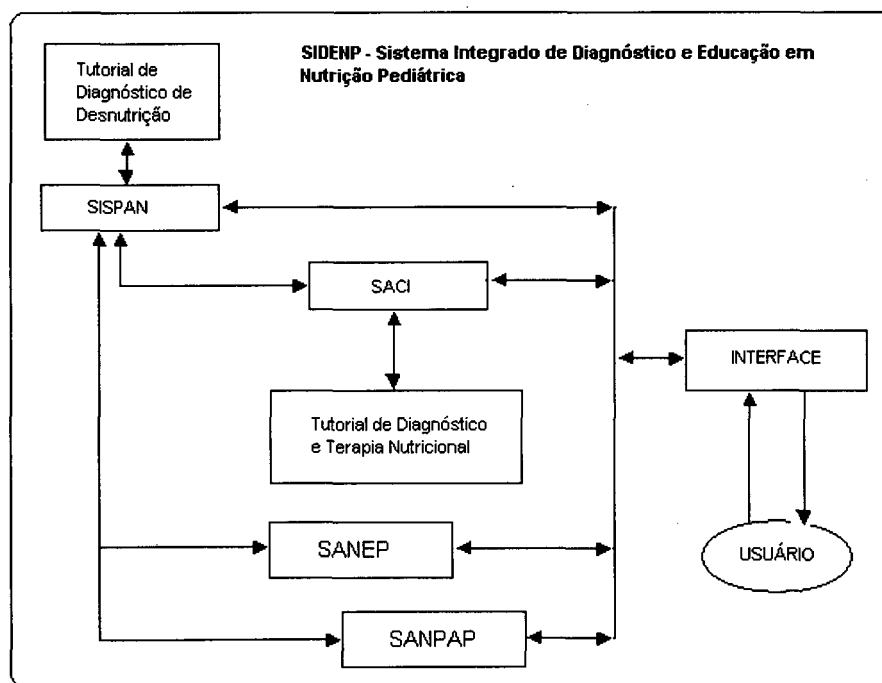


Figura 1 - Arquitetura do SIDENP

Por meio da utilização dos conceitos de inteligência artificial distribuída (IAD), e a interligação de todos os módulos envolvidos no sistema SIDENP - Sistema Integrado de Diagnóstico e Educação em Nutrição Pediátrica será realizada utilizando a comunicação entre sistema multi-agentes. A IAD permite a

vários processos (ou sistemas) autônomos, chamados agentes, realizarem atos de inteligência global, somente através de processamento local e comunicação interprocessos. O objetivo na utilização de sistemas especialistas baseados em conhecimentos e distribuídos é poder coordenar atividades de sistemas especialistas resolvendo problemas que os sistemas compartilham totalmente ou em parte.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um protótipo de um Sistema Especialista de Avaliação Nutricional para Crianças até 2 anos com Desnutrição Energético Protéica, utilizando o modelo probabilístico para a incerteza presente nesse domínio de aplicação.

1.1.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- Investigar as técnicas e ferramentas disponíveis para implementação de sistemas computacionais para aplicações em domínios com a presença de incerteza;
- Descrever a área de aplicação (nutrição enteral – Desnutrição Energético Protéica);
- Desenvolver uma base de conhecimento (rede bayesiana) para a geração adequada de uma dieta de nutrição enteral;

- Desenvolver o sistema SANEP – Sistema de Apoio a Nutrição Enteral Pediátrica;
- Avaliar qualitativamente o sistema SANEP desenvolvido junto a especialistas da área.
- Avaliar a robustez da rede bayesiana introduzindo ruídos nas probabilidades condicionais.

1.2 Revisão da Literatura

Na UFSC, principalmente a partir da década de 90, vem sendo realizadas pesquisas onde são desenvolvidos sistemas especialistas utilizando a lógica *fuzzy* para tratar as incertezas presentes no domínio de aplicação. E, mais recentemente, vem sendo explorada a utilização da teoria da probabilidade como paradigma de tratamento de incertezas no desenvolvimento de sistemas especialistas, chamados de Sistemas Especialistas Probabilísticos ou Sistemas Especialistas Bayesianos.

A seguir serão relatados os sistemas especialistas desenvolvidos, tanto em pesquisas no exterior, como no Brasil e mais especificamente em Santa Catarina, com destaque para sistemas que utilizam a abordagem probabilística em sistemas especialistas, e sua aplicabilidade em casos médicos. As pesquisas mais antigas são as realizadas no exterior, mas no Brasil as pesquisas na área de inteligência artificial estão aumentando gradativamente.

1.2.1 Sistemas Especialistas Medicina

Alguns SE que são aplicados a medicina para apoio ao diagnóstico médico ou ainda para auxiliar no estudo da medicina para estudantes são: CADUCEUS/INTERNIST (MILLER, 1982), DTA que consta de consultas sobre

terapias com digitais (GORRY, 1978), PIP para consulta e diagnose na medicina interna e nefrologia (PAUKER, 1976), para o diagnóstico e aconselhamento terapêutico nos casos de glaucoma o sistema CASNET/GLAUCOMA (KULIKOWSKI, 1982), PUFF que auxilia no diagnóstico de distúrbios respiratórios (AIKINS, 1983), ABEL trabalha com a identificação de distúrbios eletrolíticos e ácidos-básicos e aconselhamento terapêutico (PATIL, 1982), sistema para a interpretação e consulta sobre terapia intensiva em relação a pacientes em estado grave, VM (FAGAN, 1979), ONCOCIN seleção de protocolos oncoterápicos (SHORTLIFFE, 1981), entre outros abaixo listados.

- Sistema Especialista Para Predição de Complicações Cardiovasculares Integrado a um Sistema de Controle de Pacientes Portadores de Diabetes Mellitus : desenvolvimento do SCDM (Sistema de Controle de Pacientes Portadores de Diabetes Mellitus), capaz de gerir todo o processo de atendimento a pacientes diabéticos realizado no Ambulatório de Endocrinologia do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (HU/UFSC), buscando agilizar e conseqüentemente aprimorar o atendimento ao paciente diabético. Foi desenvolvido um módulo especialista que, através de técnicas de IA, é capaz de identificar se um determinado paciente apresenta ou não algum tipo de predisposição para desenvolver complicações cardiovasculares baseado na Análise dos Fatores de Risco. Esta pesquisa foi desenvolvida por Marlise Vidal Montello. (GPEB, 2001)
- Um Sistema de Ensino Inteligente, Via Sociedade de Multi-Agentes, Aplicado ao Diagnóstico de Epilepsia: utiliza uma proposta de uma nova arquitetura para o desenvolvimento de um sistema inteligente de ensino, utilizando-se inteligência artificial distribuída através do paradigma de sociedade de multi-agentes. Esta arquitetura foi utilizada para o desenvolvimento de um sistema de apoio ao ensino de diagnóstico de epilepsia (EPIIS), que inclui uma interface em hipermídia. O sistema imita um paciente relatando seus sintomas, o aluno deve então seguir um raciocínio para dar um diagnóstico. O tutor e o especialista usam este ambiente para conduzir o aprendizado. Porém o aluno

tem sempre a possibilidade de re-direcionar a sessão para seus interesses. Esta pesquisa foi desenvolvida por Aurora Trinidad Ramirez Pozo. (GPEB, 2001)

1.2.2 Sistemas Especialistas Probabilísticos

Os sistemas descritos abaixo tiveram seus comentários extraídos de suas respectivas referências.

- *General Electric Aircraft Engines Services*: O diagnóstico de falhas em turbinas de aviões em grandes empresas aéreas implica em grandes custos, pois os dados retirados da análise possuem muito ruído e não podem atuar para um defeito específico. As solicitações mecânicas para efetuar os testes e inspeções, assim como a excessiva verificação do motor podem duplicar os custos de manutenção. Desenvolveu-se modelos de redes bayesianas que guiam um mecânico de motores através de uma seqüência otimizada de testes e passos de inspeção. O sistema de recomendação de testes utiliza os resultados de um modelo de desempenho de termodinâmica do motor da aeronave, que processa os dados vindos de sensores montados sobre o motor no estande de teste. (IATROS)
- *Lógica Autônoma de Controle*: a *Lockheed Martin Marine Systems*, em conjunto com o *Artificial Intelligence Center*, vem desenvolvendo um sistema de controle para o UUV (*Unmanned Underwater Vehicle*). Este veículo submarino poderá permanecer semanas submerso, sem necessidade de intervenção humana. O objetivo da pesquisa é desenvolver *software* que seja capaz de controlar eventos planejados e eventos não previstos, de modo a diminuir o risco de perda do veículo e maximizar a probabilidade de sucesso da missão. O sistema possui maior capacidade de manusear a grande gama de anomalias e alarmes falsos que ocorrem em missões de longa duração. Quando completamente desenvolvida, a *Lógica Autônoma de Controle* permitirá ao UUV monitorar o progresso de sua missão, analisar o estado de

seu equipamento, detectar e analisar eventos que causam impacto nos objetivos da missão, tomar decisões e efetuar ações para compensar os eventos, além de modificar o plano da missão quando o atual estiver completamente fora de alcance. (HUGIN EXPERT)

1.2.3 Sistemas Especialistas Probabilísticos na Medicina

No início dos anos 60, dentre os sistemas para diagnóstico médico baseados na abordagem probabilística desenvolvidos nessa época, destaca-se o sistema para o diagnóstico de cardiopatias congênitas (WARNER, 1961) e para dor abdominal aguda (DOMBAL, 1972). Nos anos 80, um sistema que realiza o diagnóstico diferencial para tuberculose, bronquite e câncer pulmonar (LAURITZEN, 1988) foi um dos primeiros a utilizar redes bayesianas.

Existem ainda sistemas como MUNIN, um sistema especialista probabilístico para o diagnóstico de doenças musculares, e um sistema que permitia modelar o metabolismo dos carboidratos, a fim de ajustar as doses de insulina em pacientes com diabetes (ANDREASSEN, 1991).

Na Europa um dos mais importantes grupos que pesquisa redes bayesianas médicas, é o da Universidade de Pávia na Itália, que desenvolve trabalhos em conjunto com pesquisadores da Universidade de Aalborg. Têm desenvolvido várias aplicações médicas, destacando-se sistemas para leucemia infantil, diabetes, AIDS, tratamento de crianças com transplantes de medula óssea, entre outros (BENBASSAT, 1980)(SIMÕES, 2001).

- Diaval: É um sistema especialista destinado a ajudar médicos no diagnóstico de enfermidades cardíacas a partir, principalmente, de dados ecocardiográficos. Este *software* faz a introdução dos dados, apresentação dos resultados do diagnóstico e explicações sobre o raciocínio, destacando as características que o diferenciam de outros sistemas especialistas e de outras redes bayesianas. Desenvolvido na tese de doutorado do Prof. Fernandez J.

Díez, e consiste em calcular a probabilidade *a posteriori*, seleccionar a doença mais provável e a mais relevante, gerando um relatório. (DIEZ, 1994)

- *DxPlain*: É um sistema de apoio a decisão o qual utiliza um conjunto de dados clínicos (sinais, sintomas, dados laboratoriais) para produzir uma lista de diagnósticos, os quais podem expor (ou serem associados com) as manifestações clínicas. Este *software* possui uma grande base de dados de probabilidades sobre 5000 manifestações clínicas associadas com mais de 2000 diferentes doenças. Este sistema utiliza um formato interativo para coletar informações clínicas e faz uso de uma forma modificada do raciocínio bayesiano para oferecer interpretações clínicas. O Laboratório de Ciência da Computação (do Hospital Geral de Massachusetts) vem desenvolvendo *DXplain* há dez anos; o sistema tem sido utilizado por milhares de médicos e estudantes de medicina. O banco de dados e o sistema estão sendo continuamente aperfeiçoados e atualizados. *DXplain* é uma rotina que utiliza vários hospitais e escolas de medicina para educação clínica e como um auxílio educacional na solução de problemas clínicos. (DXPLAIN, 1997)
- *Microsoft Pregnancy and Child Care*: A *Microsoft* e a *Knowledge Industries* (KI) uniram-se para criar um serviço *on-line* de informação sobre saúde, com capacidade de multimídia, que emprega raciocínio bayesiano. O produto é chamado de *Microsoft Pregnancy and Child Care*, e está disponível no endereço da *Microsoft Network*. Redes bayesianas são o componente central da opção *Find by Symptom* (Busca por Sintoma). Sintomas que ocorrem frequentemente são conectados a módulos especialistas que guiam os pais da criança através de uma série de questões. O sistema repetidamente determina qual a melhor pergunta a se fazer aos pais, mostrando as apresentações em multimídia que correspondem às exatas condições de saúde da criança. Os pais podem escolher entre artigos ilustrados para obter informação detalhada sobre os sintomas e a doença da criança. Os artigos também contém links para outras fontes de informação relacionadas, incluindo outros *web sites*. O *Microsoft Pregnancy and Child Care* foi criado pela Divisão de Consumo da

Microsoft. A KI desenvolveu e testou as bases de conhecimentos em redes bayesianas, trabalhando com os especialistas Dr. Richard Behrman, Professor de Pediatria na *Stanford University* e na *University of California*, e Dr. David Kerns, Chefe de Pediatria no *Santa Clara Valley Medical Center*. (KI)

- MammoNet: É um sistema de suporte à decisão médica para auxiliar no diagnóstico do câncer de mama dado fatores de risco demográficos, informações radiológicas e sintomas físicos. As probabilidades condicionais foram obtidas através de livros e especialistas médicos. MammoNet foi implementado como uma base de conhecimento de regras; a rede que especifica o problema foi construída utilizando um algoritmo de construção de redes bayesianas. O desempenho do sistema foi avaliado com 77 casos de um livro texto. (KAHN, 1997)
- QMR – *Quick Medical Reference*: O QMR é um sistema de auxílio ao diagnóstico, que foi desenvolvido na Universidade de Pittsburgh. Este sistema possui informações de mais de 600 doenças e 4500 sinais e sintomas. O mecanismo de inferência do QMR produz uma lista de prováveis diagnósticos, baseados em redes bayesianas e revisões de probabilidade. (ELSON, 1995)
- DIABNET: Sistema de planejamento terapêutico em diabetes gestacional, desenvolvido na Universidade de Madrid, juntamente com o Departamento de Endocrinologia e Nutrição do Hospital San Pau de Barcelona. A base de conhecimento do sistema é constituída por uma rede bayesiana que modela qualitativamente o metabolismo da glicose. (HERNANDO, 1996)
- DiagSD: Sistema de apoio ao diagnóstico na área das doenças do sono. Este sistema é baseado em redes bayesianas, apresentando uma interface adequada ao desenho de aplicações de diagnóstico por especialistas do domínio clínico, sem que estes tenham conhecimentos profundos da teoria das redes bayesianas. O mecanismo de inferência implementado no sistema, tira partido da estrutura do modelo de diagnóstico médico, composto por relações causais

doença-sintoma. No DiagSD a interação com o especialista é feita via *web* (MILHO, 2000).

- Sistema de Auxílio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléia: Foi desenvolvido para auxiliar um médico generalista, plantonista ou residente no diagnóstico diferencial das cefaléias do tipos Migrânea e Tensionais. Este sistema utiliza o raciocínio probabilístico, sendo a rede bayesiana composta por 17 nós, onde um representa as hipóteses diagnósticas e os restantes os sinais e sintomas. A base de conhecimento do sistema foi construída baseada nos Critérios de Classificação da Sociedade Internacional de Cefaléias (LEIS), nos sinais e sintomas dos pacientes e nos valores de probabilidades fornecidos pelos especialistas que participaram do projeto. Os resultados experimentais, indicaram que o sistema foi capaz de fornecer os mesmos diagnósticos que os especialistas do sistema em 95% dos casos, enquanto o clínico acertou 53% em relação ao especialista. (TOLEDO, 2000)
- SISPAN: Sistema Pediátrico para Avaliação Nutricional, foi desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina, para auxiliar no diagnóstico de desnutrição infantil em crianças com até dois anos de idade. Para representar o conhecimento do especialista na base de conhecimento foi utilizada uma rede bayesiana. Esta rede foi projetada na *shell* Netica para sistemas especialistas probabilísticos que tem como método de inferência o Teorema de Bayes. (KOEHLER, 1998)
- Modelo Híbrido Difuso-Probabilístico: Essa pesquisa apresenta uma proposta para a construção de Sistemas Especialistas referindo-se a uma modelagem híbrida, a qual utiliza a combinação de duas técnicas para o tratamento da incerteza em sistemas especialistas – Lógica Difusa e Redes Bayesianas. Esse trabalho propõe uma redistribuição de probabilidades das saídas de um rede bayesiana, de forma a ajustar ou qualificar tais probabilidades em função da imprecisão em seus eventos, ou seja, eventos difusos. O domínio de aplicação é voltado a um estudo de caso que trata da verificação da presença ou não de

antibióticos no leite de consumo. As quantidades de antibiótico refletem em reações adversas nos consumidores, as quais foram usadas como hipóteses diagnósticas da Rede Bayesiana construída. A imprecisão mencionada está no diagnóstico duvidoso das conclusões obtidas pelo especialista na área de controle e qualidade do leite. Os resultados obtidos com a qualificação ou hibridismo, mantêm propriedades axiomáticas da Teoria da Probabilidade, sendo que a soma das probabilidades diagnósticas permanece unitária, bem como, existe uma alternância das probabilidades em relação ao ponto de máxima entropia, sendo que aquelas acima deste ponto diminuem e, aquelas abaixo do ponto de máxima entropia aumentam. Foi implementado um protótipo para simulação e interpretação dos resultados qualificados da rede bayesiana. (BRIGNOLI, 2001)

- SEDIN: O sistema SEDIN foi concebido a partir do sistema especialista probabilístico SISSPAN, o qual possui uma base de conhecimento estática, enquanto o SEDIN utiliza uma Base de Conhecimento Dinâmica. Ambos os sistemas oferecem um diagnóstico para avaliar o estado nutricional em crianças com até 2 anos. Esse sistema pode ser utilizado para verificar o grau de importância das variáveis introduzidas no sistema, bem como oportunizar a aquisição continuada de conhecimento. Por outro lado, pode servir como material didático, no processo de ensino-aprendizagem,, possibilitando a manipulação do conhecimento da rede bayesiana (STEIN, 2000)
- SACI: Esta pesquisa volta-se ao desenvolvimento de um sistema especialista probabilístico para o diagnóstico de alguns distúrbios associados à falência do crescimento em crianças com até 2 anos. O sistema possui uma rede bayesiana composta de um nó para representar as hipóteses diagnósticas (Deficiência de Ferro, Má Absorção e Etiologia a Esclarecer), e outros três nós para representar as evidências necessárias para chegar às hipóteses diagnósticas (Diarréia, Taxa de Ferritina e D-Xilosemia). O sistema ainda oferece o acompanhamento do crescimento da criança graficamente, pois para que o diagnóstico seja realizado de uma forma mais eficiente, é necessário que os

médicos visualizem os dados relacionados a evolução do crescimento de uma forma gráfica e que sejam investigadas suspeitas de perda de peso e altura da criança, por meio de evidências observadas. (SIMÕES, 2001)

1.3 Organização do Trabalho

O presente trabalho está dividido em 5 capítulos. No primeiro capítulo é apresentada a introdução, fornecendo uma visão geral do trabalho. Em seguida, no capítulo 2, são abordados os fundamentos teóricos da informática aplicada a medicina. Ainda neste capítulo é apresentada uma análise dos sistemas especialistas e sistemas probabilísticos. O capítulo 3 expõe a área de aplicação, nutrição enteral, que servirá de base para a implementação do sistema especialista probabilístico. No quarto capítulo é especificado as etapas de desenvolvimento do sistema especialista probabilístico SANEP – Sistema de Apoio a Nutrição Enteral Pediátrica. Finalmente o capítulo 5 descreve as conclusões encontradas ao final do desenvolvimento do SANEP, e detalha algumas propostas de trabalhos futuros nesta área.

2 Fundamentos Teóricos

2.1 Informática Médica

De acordo com Blois & Shortliffe informática médica “É o campo de estudo relacionado à vasta gama de recursos que podem ser aplicados no gerenciamento e utilização da informação biomédica, incluindo a computação médica e o próprio estudo da natureza da informação médica”. (BLOIS, 1990)

Em síntese, a Informática Médica abrange os processos de Educação, Prática e Pesquisa Médica e seus desenvolvimentos, podendo manipular e processar Dados (coleção de elementos não interpretados, como os sinais de EEG), Informação (coleção de elementos interpretados ou organizados) e Conhecimento (formalização das relações, experiências e regras através do qual a informação é formada a partir dos dados). (GSI, 2000)

O objetivo da Informática Médica é estudar e desenvolver sistemas computacionais em *hardware*, *software* ou ambos, para apoio às atividades médicas que possam ser utilizados em situações reais, com vistas a atender às necessidades sociais através da transferência de tecnologia para o setor industrial.

A informática aplicada à medicina iniciou no Brasil com um certo atraso em relação aos EUA e Europa. No início da década 70, teve início simultaneamente em alguns centros universitários, principalmente no Hospital da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), no Instituto do Coração e nos Hospitais das Clínicas da USP em São Paulo e Ribeirão Preto. Um professor da UFRJ, Luiz Carlos Lobo, trouxe na época o MUMPS para o Brasil e fundou o Núcleo de Tecnologia de Educação em Saúde, que iniciou pioneiramente a aplicação de minicomputadores Digital PDP-11 em sistemas de apoio ao ensino. (SABBATINI, 1998)

As atividades na área de Informática Médica iniciaram em torno de 1977. Abrangendo a análise e processamento digital de sinais biomédicos, processamento digital de imagens médicas, desenvolvimento de sistemas de monitoração, apoio ao diagnóstico e à decisão médica, sistemas de instrução inteligente auxiliada por computador. Estas primeiras atividades começaram com o grupo de pesquisa do Núcleo de Processamento de Dados e da COPPE, do hospital da UFRJ desenvolveram os primeiros sistemas baseados em microcomputadores (entre eles um sistema de controle de farmácia), e no Incor foram importados vários minicomputadores Hewlett-Packard e montados os primeiro sistemas de monitoração fisiológica digital e de apoio aos testes hemodinâmicos do país. Utilizando os primeiros microcomputadores e calculadoras programáveis que estavam sendo comercializados no Brasil, o Departamento de Fisiologia em Ribeirão Preto, Renato Sabbatini e colaboradores deram início às primeiras aplicações na análise de dados fisiológicos, simulações aplicadas ao ensino e pesquisa e banco de dados, a partir de 1972. (SABBATINI, 1998)

Em Santa Catarina, as atividades em Engenharia Biomédica na UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) começaram no início da década de 70. Em 1974 foi criado oficialmente, o Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica (GPEB). A Engenharia Biomédica compreende as áreas de instrumentação biomédica, engenharia clínica e informática médica. As atividades na área de Informática Médica iniciaram em 1977. Formalmente, o Laboratório de Informática Médica (LIM) foi criado em 1995. De acordo com as diversas atividades desenvolvidas pelo GPEB desde o seu surgimento, a partir de agosto de 2001, este passou a ser Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina (IEB-UFSC), permitindo estabelecer convênios e acordos com diversas instituições. (GPEB, 2001)

O desenvolvimento da Informática em Saúde brasileira passou por um grande ímpeto a partir de 1983, com a criação de novos grupos especificamente

dedicados à esta área de pesquisa e ensino. No Rio Grande do Sul, foi fundado em 1982 o primeiro curso de informática voltado para alunos e pós-graduandos em medicina. Em Campinas no estado de São Paulo, foi fundado o Núcleo de Informática Biomédica da UNICAMP, em 1983. No Hospital de das Clínica da USP ocorreu o estabelecimento de um laboratório de ensino, em colaboração com o programa de Pós-Graduação em Administração Hospitalar (PROAHSA) da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas (FGV) em São Paulo. Em 1984 e 1988, respectivamente, foram iniciados os grupos de pesquisa e docência da Faculdade de Medicina da USP (Disciplina de Informática Médica) e da Escola Paulista de Medicina (Centro de Informática em Saúde). (SABBATINI, 1998)

A informática no complexo hospitalar da USP teve início em 1975, com a PRODESP (Companhia de Processamento de Dados de São Paulo), que instalou computadores de grande porte e centenas de terminais em vários hospitais do sistema, e que por muitos anos foi o maior sistema da América Latina. (SABBATINI, 1998)

O divisor de águas da Informática em Saúde nacional ocorreu em 1986. O primeiro reconhecimento do grau de desenvolvimento nacional na área deu-se em um seminário realizado em Informática em Saúde em Brasília, por iniciativa do Ministério da Saúde. Os pesquisadores presentes resolveram então se organizar e fundaram em novembro de 1986 a Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS), durante o I Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Esta sociedade tornou-se o foco principal da atividade profissional brasileira na área, organizando sucessivamente diversos congressos nacionais, regionais e especializados. Conjuntamente com outras sociedades, entre elas a Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica, participa desde então do Fórum Nacional de Ciência e Tecnologia em Saúde (FNCTS). Mais tarde a SIBS filiou-se à *Internacional Association of Medical Informatics* (IMIA) e passou a participar em nível significativo dos vários congressos mundiais, como o Medinfo, realizado pela IMIA, e o SCAMC, realizado pela congênere americana. (SABBATINI, 1998)

Em 1988, o governo federal, através do CNPq, SEI e outros, efetuou um estudo, envolvendo dezenas de colaboradores, visando um Plano Nacional de Desenvolvimento da Informática em Saúde, mas infelizmente acabou engavetado. Com relação a publicações, a primeira revista do gênero foi fundada em 1986, e se intitulava “Revista Brasileira de Informática em Saúde”, este periódico foi editado até 1988 e reniciado brevemente alguns anos depois. Em 1993, o Núcleo de Informática Biomédica deu início à revista “Informédica”, publicada durante dois anos e meio com o apoio dos Laboratórios Biosintética, e que reiniciou publicação em janeiro de 1998, com o novo nome de “Informática Médica”. Em 1997, o NIB também passou a publicar a revista especializada em Internet e Medicina chamada “Intermedic”. (SABBATINI, 1998)

Na UFSC, o IEB-UFSC edita a Revista On-Line IEB-UFSC, esta revista eletrônica possibilita informar, com maior rapidez e menor limitação de espaço, o público crescentemente interessado em Tecnologia para a Saúde. A Revista On-Line edita os resultados obtidos nas pesquisas mais recentes da área. (GPEB, 2001)

Mais recentemente, vários centros de pesquisa em informática em saúde se envolveram em projetos na Internet. Em 1995 foi criado o Grupo Temático de Medicina e Saúde, do Comitê Gestor da Internet Brasil. Não só as instituições educacionais proporcionam estudos e serviços de informática médica, os governos também buscam melhorar as condições de saúde dos países através da internet. Os *sites* listados abaixo são alguns exemplos de como a *internet* procura divulgar informações:

- Ministério da Saúde (www.saude.gov.br): Conheça as campanhas e as ações do governo brasileiro na área.
- *Food and Drug Administration* (www.fda.gov): O *site* do órgão que regulamenta a venda de remédios e alimentos nos Estados Unidos tem dicas

que vão de como inspecionar seu restaurante preferido a como aplicar cosméticos.

- Organização Mundial de Saúde / OMS (www.who.org): Os relatórios, os congressos e a biblioteca da mais importante entidade de saúde do planeta.

Atualmente na internet é possível encontrar notícias, fóruns, *chats*² com médicos, tira-dúvidas por e-mail, bibliotecas, testes. A interatividade é o grande trunfo de boa parte dos *sites* de saúde da rede. Os grandes portais de saúde funcionam quase como um *check-up*. Dicionários de doenças e de sintomas, especialistas que respondem perguntas, dicas para uma vida saudável, fóruns com gente que sofre dos mesmos males, não tem fim a lista de serviços oferecidos pelos *sites* e portais especializados em saúde. Vídeos, sons e animações descomplicam a medicina e ajudam qualquer pessoa a entender como seu corpo funciona.

Mas como diferenciar um *site* confiável sobre saúde de um endereço que põe no ar informações duvidosas ou erradas sobre o assunto? No Brasil, nenhum órgão fiscaliza a procedência dos endereços eletrônicos sobre saúde. Mas algumas dicas são úteis para a prevenção (CAVALCANTI, 2000):

- Páginas de hospitais, sociedades científicas, universidades e instituições renomadas são fontes confiáveis e seus links costumam ser avaliados.
- Desconfie de quem faz propaganda para vender produtos ou tratamentos e de quem não apresenta o número do CRM em seu endereço eletrônico.
- Código de ética médica brasileiro proíbe as consultas online. Evite-as.
- Cheque o registro profissional do médico no *site* do CRM de seu Estado. O *site* do Conselho Federal de Medicina tem os *links*.

Antes de ir ao ar, muitos *sites* internacionais passam pelo crivo de organizações reconhecidas, como a ONG suíça *Health on the Net Foundation*, a

² Comunicação em tempo real entre dois usuários através de computadores.

Medinex, parceira de sociedades de saúde americanas, e a *Medline Plus*, diretório da Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos. Use esses *sites* como ponto de partida para endereços confiáveis. (CAVALCANTI, 2000)

2.2 Aplicação Médica

A cada dia que passa, mais a informática está presente em todas as áreas de atuação profissional. Áreas como a medicina, que envolvem um manuseio muito grande de dados, são as mais beneficiadas pelo uso da informática.

Países desenvolvidos como os Estados Unidos e o Japão apresentam 98% dos seus hospitais completamente informatizados. No Brasil este percentual é de apenas 4%.

Na área médica a internet tem expandido seus domínios. Os mais variados serviços podem ser encontrados em *sites* e portais especializados em saúde, como: dicionários de doenças e de sintomas, especialistas que respondem perguntas, dicas para uma vida saudável, fóruns com gente que sofre dos mesmos males, entre outros (IVILLAGEHEALTH) (AMA) (AMERICAS DOCTOR) (GENEXIS) (ILIFE). Atualmente, alguém conectado à Internet, pode trazer para sua casa os melhores hospitais do mundo, os médicos mais qualificados, as últimas pesquisas na área, informações sobre todas as doenças imagináveis e gente com quem discutir sobre diagnósticos e tratamentos. Vídeos, sons e animações descomplicam a medicina e ajudam qualquer pessoa a entender como seu corpo funciona.

A intenção destes serviços é tornar a medicina mais acessível a população em geral. Principalmente as famílias que pretendem manter um vida mais saudável em casa, sem precisar ficar constantemente consultando algum especialista.

Mas a Internet , também veio permitir ao médico uma atualização mais freqüente e fácil , favorecendo consultas rápidas mesmo de casos complicados e raros. A transmissão de imagens e monitorização de pacientes à distância, vem sendo utilizada em vários países com sucesso, traduzindo o aparecimento de uma nova especialidade, conhecida como TeleMedicina. Alguns serviços complementares de diagnóstico também são beneficiados, disponibilizando os resultados de exames de análises clínicas.

O ensino médico também se beneficia com a tecnologia de informação por meio de teleconferências organizadas, em qualquer parte do mundo, sem que o profissional se desloque do consultório.

Não só na Internet é possível presenciar o crescimento da importância da informática aplicada na medicina. Inclusive os médicos estão começando a considerar a informática como um aliado na procura de um atendimento mais preciso, com uma assistência na área.

Muitos equipamentos médicos modernos são computadorizados: como a tomografia e os respiradores microprocessados, que representam grandes avanços da tecnologia. Nos consultórios oftalmológicos os testes já são realizados pela máquina. Em cirurgias de correção de grau também a informática está presente, onde a precisão é indício de sucesso ou não da cirurgia.

A informática tem sido de grande valia na manipulação de enormes quantidades de dados, demonstrando ser de fundamental importância nos setores de arquivo e documentação médica.

Outra área em crescente ascensão são os sistemas especialistas de apoio ao diagnóstico, que auxiliam não apenas os estudantes, como médicos e pacientes.

O processo de tomada de decisões ocorre em diversos pontos da atividade médica. Algumas delas são bastante elementares, como é o caso da interpretação

de um resultado de laboratório. Entretanto existem três outras importantes situações ao longo da atenção médica, nas quais o computador pode auxiliar as decisões. Elas estão relacionadas basicamente à resolução de problemas que caracteriza a Medicina Clínica (SABBATINI, 1985): o diagnóstico, o planejamento terapêutico e o prognóstico.

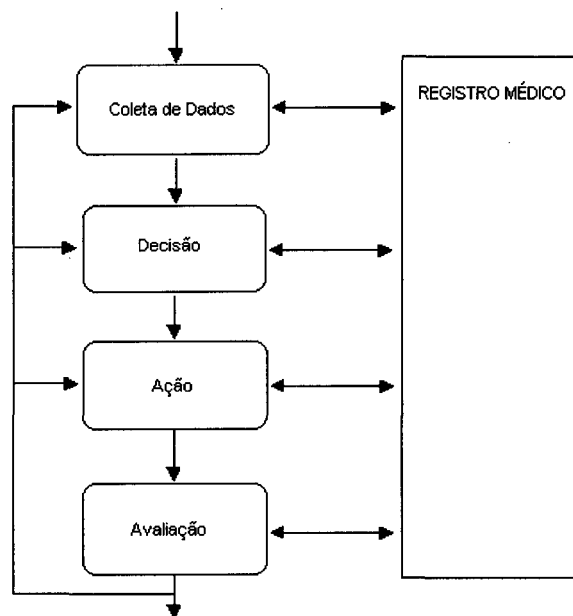


Figura 2 - Processos básicos de tomada de decisão em Medicina(SABBATINI, 1993)

Estes três níveis de decisão são fortemente interrelacionados, e fazem parte de um ciclo repetitivo e auto-modificável de avaliação-decisão-ação-avaliação, descrito na Figura 2.

É importante salientar a área da informática que pode auxiliar diretamente o trabalho do médico. A inteligência artificial não substituirá o trabalho do médico, mas pode ser muito útil no treinamento de estudantes e na educação continuada dos profissionais em exercícios diagnósticos e desenvolvimento do raciocínio lógico, importante na prática clínica. O paciente é um ser humano. Deve ser examinado do ponto de vista psicológico e histórico, de forma unilateral, coisa que só o médico tem a capacidade de fazer. A informática vai incrementar a Medicina, mas jamais irá tomar o lugar do profissional médico.

Para muitos médicos a informática tornou-se essencial apenas para satisfazer apenas as tarefas administrativas da clínica ou consultório. A intenção deste trabalho é também, mostrar para os médicos que a informática pode ser ainda mais utilizada por eles, trazendo com isto muito mais benefícios e satisfação.

2.3 Inteligência Artificial

Para definir Inteligência Artificial é possível utilizar vários autores, já que é difícil encontrar uma definição aceita por todos. Uma evidência deste fato são os vários conceitos encontrados:

- Para Patrick Winston “Inteligência Artificial é o estudo de conceitos que permitem aos computadores serem inteligentes” (BARRETO, 1997);
- Para Elaine Rich e Kevin Knight “Inteligência Artificial é o estudo de como fazer os computadores realizarem coisas que, no momento, as pessoas fazem melhor” (BARRETO, 1997);
- Para Eugene Cherniak e Drew McDermott “Inteligência Artificial é o estudo da faculdades mentais com o uso de modelos computacionais” (BARRETO, 1997).

Analisando as definições citadas, é observado que a primeira define IA utilizando o termo inteligente, o que causa recursividade por não esclarecer inteligência. Já a segunda definição condena a IA a nunca conseguir um sucesso, pois cada vez que for resolvido um problema ele deixa de ser do domínio de IA (BARRETO, 1997). A definição mais convincente dentre as citadas é a terceira, pois não apresenta recursividade, se relaciona com outras ciências (por exemplo,

psicologia, lógica e fisiologia) no que diz respeito às faculdades mentais e além disso se mostra independente de arquitetura computacionais, podendo ser adotada tanto por computadores digitais como por neurocomputadores.³

Os dois grandes paradigmas para o desenvolvimento de sistemas especialistas em IA são: o paradigma simbólico e o paradigma sub-simbólico (conexionista).

Na Inteligência Artificial Simbólica (IAS) se espera que um conhecimento sobre o problema particular a resolver e das técnicas úteis para o caso, possam levar a manipulando conhecimentos básicos e imitando, ao menos até certo ponto, o modo de raciocínio usado por humanos na solução do problema, se obtenha a solução desejada (REIS, 1997).

No paradigma simbólico o conhecimento do especialista é disposto numa base de conhecimentos, onde as inferências são representadas através de regras do tipo SE-ENTÃO. Geralmente, o raciocínio do sistema é baseado numa árvore de decisões. Neste caso, o conhecimento do especialista deve ser adquirido e representado de forma mais aprofundada possível, para permitir que o sistema emule o comportamento do especialista.

Para isto, IAS deve ser utilizada quando o domínio do problema é bem definido, que se tenha idéia de como ele é resolvido e que seja explicitado o modo de achar uma solução.

A Inteligência Artificial Conexionista (IAC) acredita na construção de neurocomputadores e se estes forem bastante parecidos ao cérebro humano ele apresentará um comportamento inteligente. Se apenas uma parte pequena do cérebro for reproduzida, emergirá a função que esta porção realiza (REIS, 1997).

³ Computadores em que os circuitos tentam imitar o sistema nervoso.

Este paradigma é aplicável a domínios onde a forma de raciocínio do especialista não pode ser totalmente explicitada.

A IAC vem atraindo a atenção de pesquisadores, pois apresentam um melhor desempenho quando o problema não é bem definido, no sentido da falta de conhecimento explícito de como realizar a tarefa.

2.4 Inteligência Artificial na Medicina

Desde os primeiros momentos da história da computação, os cientistas têm sonhado com a idéia de criar um “cérebro eletrônico”. Com computadores inteligentes capazes de armazenar e processar vastos repositórios de conhecimento, a esperança é que eles poderiam se tornar “médicos artificiais”, ajudando, e até ultrapassando, os profissionais clínicos na realização de diagnósticos. Com tais motivações, uma comunidade pequena mas talentosa de cientistas da computação e profissionais da saúde se dedicaram a dar forma a um programa de pesquisa em uma nova área chamada Inteligência Artificial em Medicina (IAM). Inteligência Artificial em Medicina se preocupa primariamente com a construção de programas de IA que realizam diagnósticos e fazem recomendações terapêuticas. (COIERA, 1998)

Originalmente os programas de IAM são baseados em modelos simbólicos das entidades nosológicas e suas relações com os fatores ligados ao paciente e às manifestações clínicas. Muita coisa mudou e esta definição seria considerada hoje em dia como limitada em abrangência e visão. Atualmente, a importância da diagnose como uma tarefa que requeira apoio computacional nas situações clínicas rotineiras têm recebido menos ênfase. No entanto, embora sejam o foco de muitas pesquisas no sentido de entender e apoiar o encontro clínico, os sistemas especialistas existentes atualmente provavelmente são mais usados no laboratório e em ambiente educacionais, para vigilância e alertas clínicos ou em áreas muito ricas em dados, como na medicina intensiva. (COIERA, 1998)

A abordagem da IA em sistemas médicos é de tentar entender a cognição humana e decidir como ela pode auxiliar em situações difíceis ou complexas. Os sistemas de IAM são em grande parte destinados a apoiar os profissionais de saúde no decorrer normal de seus deveres, auxiliando-os em tarefas que se baseiam na manipulação de dados e de conhecimentos. Estes sistemas podem alertar a equipe médica quando detectado uma contra-indicação para um determinado tratamento planejado, ou ainda alertar quando os dados clínicos sugerem uma mudança significativa na condição de saúde do paciente.

Os sistemas de IAM ainda podem auxiliar o aprendizado médico analisando grande quantidade de dados, à procura de padrões complexos que sugiram associações inesperadas. Ou ainda mostrando um novo conjunto de observações experimentais conflitantes com teorias existentes. A partir de dados coletados em uma pesquisa, levar a descoberta de novos fenômenos proporcionando aos médicos criação automática de conhecimento.

Os sistemas especialistas contém conhecimento médico, normalmente acerca de uma tarefa definida muito especificamente, e são capazes de raciocinar com dados de pacientes individuais e produzir conclusões racionais.

Os sistemas especialistas médicos podem ser aplicados a diferentes tarefas clínicas: (COIERA, 1998)

- **Alertas e Lembretes:** em situações de tempo real, um sistema especialista conectado a um monitor pode avisar automaticamente os médicos sobre mudanças na condição do paciente. Em circunstâncias menos agudas, o programa pode examinar resultados de testes laboratoriais e prescrições de medicamentos, e enviar lembretes e avisos por meio do correio eletrônico.
- **Auxílio ao diagnóstico:** quando um caso é complexo, raro, ou a pessoa que está fazendo o diagnóstico é inexperiente, um sistema especialista

pode ajudar a achar um diagnóstico mais provável e seguro, baseado nos dados do paciente.

- Crítica terapêutica: o programa pode checar inconsistências, erros e omissões em um plano existente de tratamento, ou pode ser usado para formular um tratamento baseado nas condições específicas de um paciente e nos consensos terapêuticos recomendados.
- Agentes de recuperação da informação: *softwares* denominados “agentes autônomos” podem ser enviados para busca e recuperar informação na Internet que seja considerada relevante para um determinado problema. O agente contém conhecimento sobre as preferências e necessidades do usuário e também precisa ter conhecimentos médicos de modo a avaliar a importância e utilidade do que ele acha.
- Reconhecimento e interpretação de imagens: muitas imagens médicas podem ser interpretadas automaticamente, desde as radiografias planas mais comuns, até as imagens mais complexas, como angiogramas, tomografias e ressonâncias magnéticas. Isso tem valor em triagens em massa, por exemplo, nas quais o programa pode indicar imagens que tenham anormalidades, chamando a atenção para exame detalhado pelo especialista.

Uma das dificuldades encontradas no desenvolvimento de sistemas de IAM está no processo de tomada de decisão, visto que existe uma falta de padronização quanto aos termos e definições médicas. Muitas vezes não existem opiniões concensuais por parte dos especialistas na área de estudo, sobre como decidir em face a evidências conflitantes. (SABBATINI, 1993)

Os sistemas de apoio a decisão médica podem ser classificados da seguinte maneira (SABBATINI, 1985):

- Sistemas com capacidade de decisão própria limitada ou ausente:
 - Recuperação de dados sobre pacientes
 - Cálculo matemáticos assistido por computador
 - Análise e interpretação primária de dados
- Sistemas com capacidade de raciocínio automático e de inferência:
 - Sistemas de classificação de doenças
 - Sistemas especialistas baseados em consulta
 - Sistemas especialistas baseados em crítica

2.5 Sistemas Especialistas

Sistemas Especialistas (SE) são programas de computadores que imitam o comportamento de especialistas humanos em um domínio de conhecimento específico. Estes sistemas são úteis para a realização de inferências e deduções de problemas envolvendo aspectos não estruturados (REIS, 1997).

Os SE caracterizam-se por possuir habilidade para trabalhar ao nível do especialista, representar o conhecimento específico da maneira que o especialista pensa, incorporar o processo de explanação e formas de manipulação de incerteza e, ser normalmente pertinente a problemas que podem ser, simbolicamente ou não, representados.

A estrutura de um SE compreende quatro componentes essenciais: a base de conhecimentos, o módulo de aquisição de conhecimento, o mecanismo de inferência e o módulo de explicações.

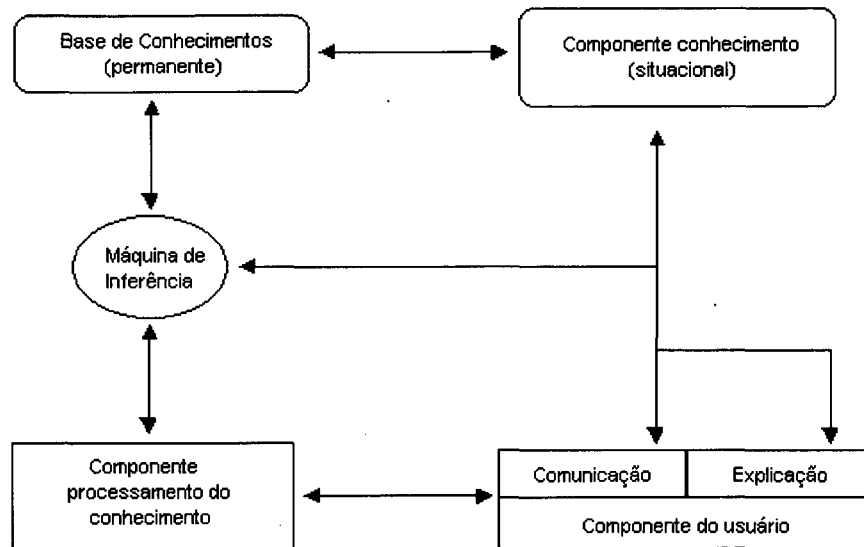


Figura 3 - Componentes de um sistema especialista

A etapa de aquisição de conhecimento e a sua verificação exige muito trabalho, pois é necessário conferir se existem inconsistências, pontos cegos, erros e contradições no conhecimento fornecido pelos especialistas humanos.

Existem, basicamente, dois métodos de representação de incertezas: o simbólico e o numérico. O método simbólico trata incertezas através de regras de inferência que representam as exceções no raciocínio do especialista e portanto é viável para trabalhar com uma pequena quantidade de exceções. Muitas vezes as exceções às regras de inferência são explicitadas com o objetivo de aumentar o conhecimento do sistema para resolver problemas. Se as exceções forem muitas, torná-las explícitas pode ser uma tarefa extremamente difícil o que inviabilizaria esta forma de representação. Outro fator a considerar é que as exceções devem ser identificadas e representadas no SE antes de serem realizadas inferências e combinações. Por outro lado, o método numérico propaga a incerteza numericamente através das inferências e combinações de evidências. (NASSAR, 2000)

Os principais paradigmas numéricos de representação de incerteza são:

- a) **Lógica Difusa** (*fuzzy logic*, lógica difusa ou nebulosa): Na álgebra booleana, os valores assumidos pelos extremos lógicos, falso e verdadeiro, seriam representados numericamente por 0 e 1 respectivamente. Na lógica difusa o elemento possui um grau de pertinência que varia de 0 a 1.
- b) **Fatores de Certeza**: São fatores aproximados, baseados mais na pragmática do que na estatística. O sistema especialista associa a cada uma de suas informações um determinado grau de crença.
- c) **Teoria da Probabilidade**: Esta abordagem exige probabilidades, ou seja, números associando eventos e populações. Trata-se de uma estrutura de representação de eventos aleatórios, onde a probabilidade de um evento assume valor de 0 a 1. Nesta teoria, é considerado também a probabilidade de que ocorra um evento B ("consequência") condicionada a ocorrência de um outro evento A ("causa"), esta probabilidade é suportada pelo enfoque do teorema de Bayes. Os programas de diagnóstico diferencial baseados no teorema de Bayes usam a abordagem de construir uma matriz contendo as probabilidades de um dado sintoma, sinal, etc., ser associado a uma doença, como resultado de algum estudo com base frequentista numa amostra de pacientes.
- d) **A teoria da evidência** (teoria de Dempster-Schafer): Esta teoria trata a representação de incertezas de forma semelhante à da Teoria de Bayes. O que ocorre é que o raciocínio é feito com medidas de crença, que são obtidas através de funções de crença. Estas funções tornam-se realmente úteis apenas quando agregadas pela regra de combinação de Dempster de modo a gerar uma única função de crença.

Os sistemas especialistas proliferaram porque é mais fácil implementar bases de conhecimento médico mais restritas. Elas são mais bem definidas em termos de representação do conhecimento, regras de decisão, dados para apoiar a decisão, padronização de nomenclatura e concordância entre os especialistas; e

produzem resultados mais úteis do ponto de vista prático, pois enfocam seus poderes de resolução em problemas diagnósticos difíceis. São geralmente considerados como especialistas confiáveis, pelos médicos que os utilizaram (KULIKOWSKI, 1982).

Um SE além de sugerir diagnósticos e auxiliar no apoio a decisão, pode citar dados da literatura que respaldem as suas afirmações, avaliações, propostas, entre outros, estes SE possuem a característica de capacidade explicativa.

2.6 Sistemas Probabilísticos

Os sistemas especialistas probabilísticos (SEP), que visam tratar de uma forma adequada o conhecimento vago e incompleto. A tendência da utilização de conhecimento vago através de métodos puramente probabilísticos, parecia limitada, mas prosperou na medida que foi possível estabelecer uma relação entre a probabilidade e a lógica da matemática, isto é, os estudos sobre estruturas de relações de dependência e independência em conjuntos de variáveis, operacionalizaram os modelos probabilísticos para manipular conhecimentos (RODDER, 1995).

Um SEP é assim denominado, quando uma Base de Conhecimentos pode ser representada por uma distribuição de probabilidades (normalmente hiperdimensional). Esta distribuição compõe um conjunto de objetos (Alberto, Maria,...), caracterizados por variáveis (sexo, idade,) e seus respectivos atributos (masculino, feminino, e faixa de idades). Entre as variáveis podem ser estabelecidas relações de dependência estocástica em função dos seus atributos, através da formulação de regras de produção do tipo SE...ENTÃO, que podem ser condicionais ou não condicionadas. O sistema opera com base num tratamento matemático de distribuições marginais sobre o produto cartesiano de todos os atributos, e tanto os fatos como as regras, estabelecem as condições iniciais a

partir das quais uma distribuição de probabilidade conjunta é processada. (RODDER, 1995)

Desta forma, os SEP são classificados como programas computacionais inteligentes, que podem numa área específica, ajudar e contribuir com o trabalho de um especialista. Os SEP utilizam conhecimentos de áreas e estratégias de solução de problemas transmitidos por um especialista, ou ainda o especialista pode contribuir muito para o refinamento dos dados da base de conhecimento na montagem da base de data mining. Assim é possível que os conhecimentos especializados e as descobertas dos melhores especialistas de uma área sejam concentrados e disponibilizados para uso e benefício geral.

A principal vantagem de um SEP é o tratamento da incerteza sobre os conhecimentos. A lógica clássica na sua mais restrita forma, considera uma proposição (regra) apenas como verdadeira ou falsa, o que limita severamente o tratamento de valores intermediários, muito comuns e necessários no trato do conhecimento subjetivo. Exemplo: a proposição - um pássaro pode voar - pode ser considerada verdadeira, apesar dos pingüins não voarem.

Nos SEP a base de conhecimentos sob forma de distribuição de probabilidade é construída em etapas. Isto significa que ela é formada por informações sob a forma de probabilidades condicionais ou, de uma forma geral, por fatos e regras sobre pequenos grupos de variáveis e a máquina de inferência constrói uma distribuição de probabilidade adequada para todas as realizações das variáveis.

O raciocínio realizado pelo sistema deve considerar estas probabilidades para a partir dos dados de entrada, associar um vetor de probabilidades ao conjunto de hipóteses diagnósticas. A hipótese com maior probabilidade de ocorrência pode ser considerada a conclusão do sistema, estando associada a ela o grau de certeza da resposta do sistema (KOEHLER, 1998).

Os SEP, envolvem diretamente os conceitos de Probabilidade, Teorema de Bayes e Redes Bayesianas.

Na teoria da probabilidade e na estatística procura-se descrever os fenômenos sujeitos à aleatoriedade. Os modelos probabilísticos devem ser concebidos tendo em vista esta realidade. Informações sobre relações entre fenômenos reais são representadas sob forma de parâmetros de distribuições de probabilidade.

2.6.1 Teorema de Bayes e Razões de Probabilidade

Os conceitos abaixo listados foram retirados da apostila “Tratamento de Incerteza: Sistemas Especialistas Probabilísticos” utilizada no curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação.(NASSAR, 2000)

2.6.1.1 Probabilidade Condicional

Considerando que duas moedas de um real são lançadas. Adicionalmente, sabe-se que pelo menos uma cara ocorreu. Como construir um novo espaço de probabilidade $(\mathcal{E}, \mathbf{P}')$ que seja consistente com o espaço de probabilidade $(\mathcal{E}, \mathbf{P})$ anterior e com a nova informação?

A construção de um novo espaço de probabilidade $(\mathcal{E}, \mathbf{P}')$ onde o anterior $(\mathcal{E}, \mathbf{P})$ é alterado devido a uma nova informação é o problema central no desenvolvimento de sistemas especialistas probabilísticos. O conceito de probabilidade condicional permite considerar as novas informações de forma a obter as novas probabilidades.

Sejam A e B eventos compostos de um espaço de probabilidades (\mathcal{E}, P) . Suponha que um evento simples e ocorra. A probabilidade $P(B)$ é a probabilidade de que $e \in B$ dado nosso conhecimento inicial refletido por P . Intuitivamente, $P(B|A)$ é a probabilidade que $e \in B$ quando se tem a informação adicional de que $e \in A$.

Seja (\mathcal{E}, P) um espaço de probabilidade e seja $A \subseteq \mathcal{E}$ tal que $P(A) \neq 0$. Definindo um novo espaço de probabilidade (\mathcal{E}, f) da seguinte forma:

$$f(e) = \begin{cases} P(e) / P(A) & \text{se } e \in A \\ 0 & \text{se } e \notin A \end{cases}$$

para qualquer $B \subseteq \mathcal{E}$ a probabilidade condicional de B dado a ocorrência de A é igual a $f(B)$. Observe que neste caso A é o novo espaço de probabilidade, onde B deve ser analisado.

Se $A = \mathcal{E}$ então $P(B|A) = P(B)$.

2.6.1.2 Propriedades da Probabilidade Condicional

Seja um espaço de probabilidade (\mathcal{E}, P) . Se $C \subseteq \mathcal{E}$ então $P(C) \neq 0$. Segue-se que:

$$P(A|C) = P(A \cap C) / P(C)$$

$$\text{Se } A \subseteq B \subseteq \mathcal{E} \text{ então } 0 \leq P(A|C) \leq P(B|C) \leq 1$$

$$\text{Se } A, B \subseteq \mathcal{E} \text{ então } P(A|C) = P(A \cap B | C) + P(A \cap \bar{B} | C) \text{ e}$$

$$P(A \cup B | C) = P(A|C) + P(B|C) - P(A \cap B | C)$$

Se $A_i \subseteq \mathcal{E}$ para $1 \leq i \leq n$ e $A_i \cap A_j = \emptyset$ então para todo $i \neq j$

$$P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n | C) = P(A_1|C) + P(A_2|C) + \dots + P(A_n|C)$$

Se $A \subseteq \varepsilon$, $B_1 \vee B_2 \vee \dots \vee B_n$ para $1 \leq i \leq n$ e $B_i \cap B_j = \emptyset$ para todo $i \neq j$ então

$$P(A) = P(A|B_1).P(B_1) + P(A|B_2).P(B_2) + \dots + P(A|B_n).P(B_n)$$

2.6.1.3 Teorema de Bayes

Seja o espaço de probabilidade (ε, P) e os eventos compostos $e, H_1, H_2, \dots, H_k \subseteq \varepsilon$, desde que nenhum desses eventos tenha probabilidade nula, então:

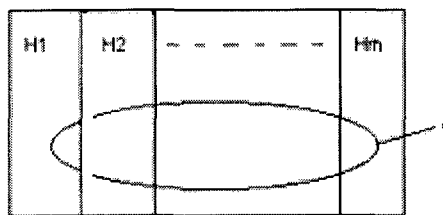


Figura 4 – Evento e e conjunto de hipóteses H

$$P(H_i | e) = \frac{P(e | H_i) \times P(H_i)}{P(e)}$$

Considerando que:

- ✓ A probabilidade $P(H_i \cap e) \neq 0$ para todo i ;
- ✓ Os eventos $H_1 \cup H_2 \cup \dots \cup H_k = \varepsilon$ e $H_i \cap H_j = \emptyset$ para todo $i \neq j$ (isto é, os H_i 's formam uma partição do espaço ε)

então:

$$e = (H_1 \cap e) \cup (H_2 \cap e) \cup \dots \cup (H_m \cap e)$$

$$P(e) = P(H_1) \cdot P(e|H_1) + P(H_2) \cdot P(e|H_2) + \dots + P(H_k) \cdot P(e|H_k)$$

resultando

$$P(H_i | e) = \frac{P(e | H_i) \times P(H_i)}{\sum_{j=1}^k (P(H_j) \times P(e | H_j))}$$

Nas aplicações dos sistemas especialistas probabilísticos os H_i 's são as hipóteses concorrentes. O evento e pode ser pensado como uma evidência. O conhecimento da ocorrência desta evidência leva a mudanças na probabilidade a priori $P(H_i)$ para a probabilidade condicional $P(H_i | e)$, que por sua vez considera a evidência e .

2.6.1.4 Independência de Eventos

Seja um espaço de probabilidade (\mathcal{E}, P) .

E, sejam os eventos $e_1, e_2 \subseteq \mathcal{E}$. Segue-se que:

- a) Se $P(e_1 \wedge e_2) = P(e_1) \cdot P(e_2)$ então os eventos e_1 e e_2 são independentes.
- b) Genericamente, para qualquer subconjunto $E = \{e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{ik}\}$ de $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$

se $P(e_{i1} \wedge e_{i2} \wedge \dots \wedge e_{ik} | H) = P(e_{i1} | H) \cdot P(e_{i2} | H) \dots P(e_{ik} | H)$ então podemos dizer que os eventos e_i 's são eventos mutuamente independentes dado a hipótese H .

A idéia básica subjacente ao conceito probabilístico de independência é que o conhecimento de certa informação não traz informação adicional sobre outra coisa. Isto é, se e somente se, saber que o evento e_1 ocorreu não trazer informação sobre o evento e_2 e saber que o evento e_2 ocorreu não trazer informação sobre o evento e_1 , então diz-se que ocorre a independência entre estes eventos.

2.6.1.5 Teorema de Bayes com Evidências Múltiplas e Independentes

Considerando que temos as n evidências (e_1, e_2, \dots, e_n) então a probabilidade da hipótese diagnóstica H_i é dada por:

$$P(H_i | e_1 \cap e_2 \cap \dots \cap e_n) = \frac{P(e_1 \cap e_2 \cap \dots \cap e_n | H_i) \times P(H_i)}{P(e_1, e_2, e_3, \dots, e_k \dots e_n)}$$

Supondo que as evidências são independentes sob a hipótese H_i então:

$$P(H_i | e_1 \cap e_2 \cap \dots \cap e_n) = \frac{(P(e_1 | H_i) \times P(e_2 | H_i) \dots P(e_n | H_i)) \times P(H_i)}{P(e_1, e_2, e_3, \dots, e_k \dots e_n)}$$

Resultando em:

$$P(H_i | e_1 \cap e_2 \cap \dots \cap e_n) = \frac{P(H_i) \times \prod_{k=1}^n P(e_k | H_i)}{P(e_1 \cap e_2 \cap \dots \cap e_n)}$$

2.6.1.6 Atualização Bayesiana para uma Nova Evidência

Uma característica interessante da regra de atualização de Bayes é seu esquema computacional recursivo e incremental.

Seja H_i uma hipótese e $e^n = e_1, e_2, \dots, e_n$ uma sequência de dados independentes observados no passado e seja e um novo fato. A probabilidade condicional para a nova evidência é:

$$\begin{aligned} P(H_i | e^n \wedge e) &= P(H_i \wedge e^n \wedge e) / P(e^n \wedge e) = \\ &= (P(e^n) \cdot P(H_i | e^n) \cdot P(e | e^n \wedge H_i)) / ((P(e^n) \cdot P(e | e^n))) \end{aligned}$$

resultando em

$$P(H_i | e^n \wedge e) = P(H_i | e^n) \cdot (P(e | e^n \wedge H_i) / P(e | e^n))$$

O resultado acima mostra que uma vez calculada a probabilidade condicional da hipótese H dado o conjunto e^n de evidências, isto é o valor $P(H_i | e^n)$, os dados passados e^n podem ser desprezados e assim pode ser obtido o impacto do nova evidência e . A crença velha $P(H_i | e^n)$ assume o papel de crença a priori no cálculo do impacto da nova informação e ; a probabilidade $P(H_i | e^n)$ sumariza completamente a experiência passada e para sua atualização necessita somente ser multiplicada pela probabilidade $P(e | e^n \wedge H_i)$. Esta probabilidade mede a probabilidade do novo dado e considerando a hipótese H_i e os dados passados e^n .

Vale aqui ressaltar que atualizar recursivamente as medidas de crenças está fortemente relacionada ao conceito de independência condicional visto anteriormente.

2.6.2 Redes Bayesianas

Uma rede bayesiana (RB) (também conhecida como uma rede de crença ou rede causal probabilística) captura relações de probabilidades entre um grupo de variáveis que são pertinentes a algum problema. Eles poderiam ser pertinentes porque eles serão observáveis, porque o valor deles/delas é precisado entrar alguma em ação ou informar algum resultado, ou porque eles são intermédio ou variáveis internas que ajudam expresso as relações entre o resto das variáveis.

Um exemplo clássico do uso de RB está no domínio médico, onde cada paciente novo corresponde tipicamente para um novo “caso”, e o problema é diagnosticar o paciente, prever o que vai acontecer ao paciente, ou achar uma ótima prescrição, determinando os valores de variáveis observáveis (sintomas). Um médico pode ser o especialista que define a estrutura da cadeia, e provê as relações iniciais entre variáveis (freqüentemente na forma de probabilidades

condicionais), baseado em seu treinamento médico e experimento com casos prévios. Então as probabilidades da rede podem ser refinadas usando estatísticas de casos prévios, e de casos novos que chegam.

A RB tem a capacidade de aprendizagem, pois uma vez definida as probabilidades *à priori*, H_i (probabilidade hipótese) e $p(e, H_i)$ (probabilidade da evidência dada a hipótese), existe uma demonstração explícita da aprendizagem ao apresentar novas probabilidades de cada hipótese do nodo, demonstrando dados que não foram informados. A aprendizagem está presente na distribuição de probabilidade completa., a cada nova entrada (evidência) as probabilidades da rede vão se alterando (hipótese).

Vantagens na utilização de RB (ANGELONI, 2000):

- RB podem tratar dados incompletos (incerteza) prontamente
- RB permitem uma forma de aprender sobre relações causais, sendo importante por duas razões:
 - compreender o domínio do problema, por exemplo, durante análise de dados exploratória
 - fazer suposições na presença de intervenções, até mesmo quando nenhuma experiência sobre as conclusões do caso analisado estão disponíveis
- Facilitam a combinação de conhecimento do domínio do problema e dos dados. O conhecimento a priori é de suma importância para a definição do domínio do problema em sistemas especialistas probabilísticos, especialmente quando os dados estão escassos. As RB possuem uma semântica causal que codifica o conhecimento a priori. Por conseguinte, pode combinar conhecimento a priori e dados com técnicas de estatísticas de Bayes.

Para entender RB, é importante entender aproximação de probabilidade e estatísticas.

Uma crítica a probabilidade bayesiana está na arbitrariedade das probabilidades (grau de crença). Porque graus de convicção deveriam satisfazer as regras de probabilidade? Em que balança deveriam ser medidas probabilidades? Em particular, faz sentido nomear uma probabilidade de um (1) para um evento que vai acontecer, mas que probabilidades podem ser nomeadas para as convicções que não estão nos extremos (acontecer ou não)? Estas questões continuam sendo estudadas exaustivamente. Muitos pesquisadores sugerem conjuntos de diferentes propriedades que devem ser satisfeitos por graus diferentes de crença. O fato que conjuntos diferentes para as regras de probabilidade provê um argumento particularmente forte para usar probabilidade para medir convicções.

Em geral, o processo de medir um grau de convicção está comumente chamado uma taxa de probabilidade. Mas surge o problema da precisão, pode-se dizer que a probabilidade de um evento x acontecer é 0.601 e não 0.599? Na maioria dos casos, não. Todavia, na maioria dos casos, são usadas probabilidades para tomar decisões, e estas decisões não são sensíveis a variações pequenas em probabilidades.

Um dos principais elementos da probabilidade Bayesiana é a noção de crença. Ao contrário de quem acredita que as probabilidades são derivadas através de uma ampla série de eventos, as regras Bayesianas consideram valores de probabilidades como uma crença pessoal na probabilidade (*likelihood*) de um evento. Mais precisamente, uma estimativa inicial é feita através de estudos e um especialista então atualiza a estimativa baseado na informação dos pacientes, e isto resulta em uma crença de que este paciente tem uma dada doença. É necessário ter casos de pacientes já resolvidos convenientes para estimar as probabilidades. Caso contrário, você terá uma crença sobre um evento sem qualquer embasamento para suporte.

Estas são algumas das vantagens de usar probabilidade para representar incerteza. Primeiramente, os números têm um significado.

Outra atração do uso da probabilidade e do Teorema de Bayes é que ele é não-monotônico, isto é, ele suporta conflito de evidências e pode reduzir o valor da crença, ao contrário da lógica tradicional. Por exemplo, quando constatada a probabilidade a priori de uma pessoa estar com febre, então, é necessário observar o seguinte: sabendo-se que a febre pode ser derivada de uma “chuva torrencial” ou de uma “dor na altura dos rins” o sistema bayesiano terá que decidir qual das evidências é a mais provável, sem descartar totalmente a menos provável.

Desde sua introdução, a estrutura de redes bayesianas vem rapidamente ganhando popularidade e agora está começando a mostrar o seu valor em domínios complexos. Aplicações práticas estão sendo desenvolvidas, por exemplo, para diagnóstico e prognóstico médico e para recuperação probabilística de informação (*data mining*). (NASSAR, 2000)

2.7 Considerações Finais

Nos últimos anos, tem sido anunciado na literatura um grande número de programas de apoio à decisão médica. Contudo, só raramente os sistemas de auxílio ao diagnóstico têm sido usados rotineiramente na prática clínica. Quando são usados, provam ser bastante confiáveis e úteis. Um programa desenvolvido na Inglaterra, para o diagnóstico da etiologia de uma dor abdominal aguda, tem sido usado constantemente nas enfermarias de emergência de alguns hospitais. Seu uso ajudou na redução em 50% nas taxas de apendicite perfurada, e na redução de 36% para 14% da incidência de cirurgias abdominais desnecessárias.

Independentemente deste problema de aceitação por parte do pessoal médico, o qual é encontrado muitas vezes; é possível atribuir a falta de disponibilidade de programas. Muitos são desenvolvidos para fins de pesquisa, e

não para aplicações práticas, e são difíceis de conseguir. Por outro lado, os médicos normalmente desconhecem os benefícios e as potencialidades de uso destes tipos de programas, e existem problemas éticos e legais envolvidos com o uso de computadores na decisão médica (MILLER, 1985) (WATSON, 1981).

3 Nutrição Enteral

Este capítulo foi desenvolvido a partir de material relacionado a medicina e utilizado por estudantes e profissionais da área de pediatria e nutrição, também foram utilizadas informações disponíveis na internet envolvendo o assunto. As obras fundamentais consultadas foram “Suporte Nutricional em Pediatria” (TELLES, 1994) e “Nutrição Enteral em Pediatria” (LEITE, 1999). Este capítulo aborda o domínio de aplicação necessário ao desenvolvimento desse trabalho, que é voltado a desnutrição infantil, mais precisamente a nutrição enteral.

Considerando os compromissos nacionais e internacionais assumidos pelo país na Reunião de Cúpula pela Infância (Nova Iorque, 1990) e na Reunião Mundial de Desnutrição (Roma, 1992) de reduzir em 50% a prevalência da desnutrição até o ano 2000, e os riscos e sequelas da desnutrição energético-proteica, o Estado de Santa Catarina sancionou a Lei nº. 9.865 de 17 de julho de 1995 determinado como obrigatória a notificação de casos de DEP. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1994)

As crianças diagnosticadas como desnutridas graves são atendidas e acompanhadas pela rede de saúde (pública e/ou conveniada) do estado, dentro de rotinas padronizadas para recuperação nutricional.

3.1 Desnutrição Energético-Protéica

A desnutrição energético-proteica se caracteriza por uma série de alterações metabólicas do organismo, decorrentes da ingestão insuficiente de energia e nutrientes pelo indivíduo. Estes distúrbios levam o organismo a lançar mão de suas reservas e depois das substâncias que constituem sua própria estrutura corporal, ocasionando, entre outras alterações, modificação na sua composição corporal, alterações de funções, de tamanho e composição de diferentes órgãos,

cujas expressões clínicas mais evidentes são a perda de peso, redução do panículo adiposo e massa muscular e diminuição da resistência às infecções. (TELLES, 1994)

De acordo com a OMS/FAO-73, DEP é “uma gama de condições patológicas com deficiência simultânea de proteínas e calorias, em variadas proporções que acomete preferencialmente crianças de baixa idade e comumente associadas com infecções”. (REIS, 1997)

No decorrer dos últimos vinte anos, a DEP infantil tem sido cada vez mais considerada num contexto que ultrapassa em muito o organismo do indivíduo desnutrido, incluindo condições ambientais tais como a pobreza, más condições de habitação e saneamento, repetidas exposições a infecções e doenças parasitárias, cuidados de saúde inadequados e práticas empobrecidas de alimentação e de cuidados com a criança. Destas, a pobreza é a mais difícil de ser modificada, uma vez que é produzida por sistemas sociais e políticos e por fatores ligados a uma economia internacional desequilibrada. Estes são chamados fatores macroambientais de risco para a desnutrição, por escaparem ao controle do indivíduo, consistindo principalmente em: sistemas políticos, econômicos e sociais, mundiais e locais; distribuição desigual de riqueza; demografia (alta densidade populacional e crescimento); problemas agrícolas; precárias condições sanitárias; atenção à saúde deficitária, acesso difícil ou fracasso em acessar o sistema de saúde; condições sócio-econômicas desfavorecidas (baixa renda, ausência de escolaridade e acesso à escola, precárias condições de moradia).(DASEN, 1988)

A desnutrição energético protéica grave pode ser caracterizada de 3 formas:

- Marasmo
- Kwashiorkor
- Marasmo-Kwashiorkor

O risco da desnutrição é maior nos menores de 24 meses, as formas graves com maior risco de mortalidade encontram-se principalmente em crianças menores de um ano. Este risco está intimamente ligado a fatores biológicos, ambientais e sócio econômico.

Dentre os fatores biológicos destacam-se a intensidade do crescimento físico, a perda da imunidade passiva e sua gradual substituição pela resposta imune ativa, a maior movimentação da criança multiplicando as oportunidades de contágio as doenças infecciosas, a transição do leite materno para outros leites e preparações/alimentação habitual da família.

Nos fatores ambientais a atenção está voltada para a disponibilidade de alimentos no domicílio, salubridade do ambiente, da adequação dos cuidados dispensados as crianças e síndrome da privação materna⁴ (SPM). Fatores estes condicionados ao nível de renda das famílias que podem ser modulados por outros fatores como a oferta de serviços públicos de saúde, saneamento básico e educação.

3.2 Suporte Nutricional

O suporte nutricional (SN) artificial ocupa hoje lugar de destaque tanto na clínica médica quanto na cirúrgica auxiliando na recuperação ou manutenção do estado nutricional. Quando indicado, deve-se instituir o SN o mais rápido possível, pois os danos orgânicos serão menores e a recuperação mais rápida e completa. (LEITE, 1999)

O SN é um conjunto de procedimentos, dependente de equipe de profissionais habilitados, que indica, prescreve, prepara e administra a nutrição

⁴ Se os pais não estabelecerem relações emocionais e sociais eficazes com seu bebê, não havendo uma relação recíproca entre eles, poderá gerar a síndrome da privação materna. (REIS, 1997)

pela veia (nutrição parenteral – NP) ou através de próteses (tubos especiais) para o estômago ou intestinos (nutrição enteral – NE). O SN é utilizado em pacientes graves, em que é impossível a alimentação normal.

Pode-se dizer ainda a NP consiste na reposição intravenosa de energia, na forma de glicose, lipídios e aminoácidos, além de água, eletrólitos e micronutrientes como vitaminas e minerais. Já a NE consiste na infusão de uma dieta líquida administrada por meio de uma sonda colocada no estômago ou no intestino.

Até pouco tempo atrás, o suporte nutricional e metabólico era geralmente oferecido por via parenteral e, em menor escala por via enteral. Estudos clínicos e experimentais estão revertendo essa tendência, com uma volta à via enteral fisiológica. Atualmente, considera-se que o trato gastrointestinal, além de suas funções de absorção e digestão de nutrientes, desempenha papel importante nos mecanismos de defesa imunológica. A mucosa gastrointestinal é uma barreira eficiente na prevenção da migração de organismos e suas toxinas para a circulação sistêmica. O seu epitélio é constantemente renovado, dependendo da disponibilidade de nutrientes, do fluxo sanguíneo local e do meio hormonal.

Estudos em animais privados de nutrição enteral, apesar de mantidos em estados anabólicos com o uso exclusivo de nutrição parenteral, têm mostrado que a nutrição enteral, mesmo em pequenos volumes, é fundamental para a integridade estrutural e funcional do trato gastrointestinal.

Outras vantagens da NE em relação a NP são a facilidade na administração e eficiência na utilização de nutrientes, menor risco de infecção e de complicações metabólicas, além de menor custo.

Os principais objetivos do SN são corrigir, atenuar ou prevenir a DEP. A DEP marasmo (crônica) ou kwashiorkor (aguda), exige SN adequado e precoce, com o objetivo de corrigir o quadro nutricional e prevenir suas complicações. A

subnutrição aguda ocorre na presença de estresse orgânico (hipermetabolismo) e do catabolismo protéico (hipercatabolismo), com proteólise muscular e balanço nitrogenado negativo. Em tais casos, o SN visa atenuar os efeitos adversos da resposta metabólica e lesões de natureza diversa, sendo essencial para a manutenção da estrutura e funcionamento de órgãos vitais.

A eficácia do SN depende de vários fatores, como a participação de pessoal qualificado na inserção de sondas e catéteres, o preparo e administração das soluções e a monitorização cuidadosa da evolução do paciente, prevenindo possíveis complicações.

3.2.1 Equipe de Suporte Nutricional

Uma equipe de SN deve ser composta por médicos, nutricionistas, enfermeiros, farmacêuticos, fisioterapeutas, assistentes sociais e psicólogos. Os membros desta equipe multiprofissional devem estar capacitados para indicar o SN a cada paciente em particular, calculando suas necessidades nutricionais, conhecendo a composição da NE e NP e identificando precocemente eventuais complicações. Cada membro da equipe é responsável por uma atribuição:

- Médico: responsável pela indicação, prescrição médica e acompanhamento dos pacientes submetidos a NE e NP.
- Nutricionista: responsável pela prescrição dietética da NE; composição e preparação (avaliação dietética, controle de qualidade, conservação e transporte); além de avaliar o estado nutricional do paciente, suas necessidades e requerimento.
- Enfermeiro: responsável pela administração da NE e parenteral (NP), além da prescrição dos cuidados de enfermagem. É coordenador da equipe de enfermagem, cabendo-lhe as ações de planejamento, organização,

coordenação, execução e avaliação de serviços de enfermagem e treinamento de pessoal. Deve também participar do processo de seleção, padronização, licitação e aquisição dos equipamentos e materiais utilizados na administração e controle da NE e NP.

- **Farmacêutico:** responsável pela seleção, aquisição, armazenamento e distribuição das soluções enterais industrializadas, quando estas atribuições não forem de responsabilidade do nutricionista. É também responsável pela preparação da NP, incluindo a avaliação farmacêutica, manipulação, controle de qualidade, conservação e transporte.
- **Coordenador técnico-administrativo:** poderá ser o médico ou outro membro da equipe de SN, devendo ter título de especialista reconhecido na área de nutrição. O coordenador técnico-administrativo, deverá assegurar condições para o cumprimento das atribuições gerais da equipe, promover e incentivar programas de educação continuada e gerenciar aspectos técnico-administrativos da terapia nutricional (TN).
- **Coordenador clínico:** deverá ser um médico, com título reconhecido de especialista em terapia nutricional ou título de mestrado ou doutorado ou livre docência em área relacionada a terapia nutricional. O coordenador clínico poderá ocupar o cargo de coordenador técnico-administrativo, desde que consensuado pela equipe. É responsável por estabelecer protocolos de avaliação, indicação, prescrição e acompanhamento da TN; além de zelar pelo cumprimento das diretrizes de qualidade para TN, e atualização dos conhecimentos técnico-científicos relacionados a TN.

3.3 Nutrição Enteral

Entende-se por nutrição enteral a administração de nutrientes por via digestiva, seja por via oral, sonda ou ostomia.

Ou ainda, a técnica de alimentação que utiliza a via digestiva fisiológica para a administração de dietas especiais (ou enterais), espontaneamente ou por sondas (no sentido restrito), ou qualquer dieta por sonda (num sentido amplo) (TELLES, 1994).

A alimentação por sonda é uma mistura alimentar líquida que contém proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais. Essa mistura especial é dada através de um tubo que chega no estômago ou intestino delgado, sendo chamada de alimentação por sonda ou NE.

A administração pode ser feita através de algumas sondas diferentes. Um tipo de sonda por ser localizada através do nariz até o estômago ou intestino. Esta sonda é chamada de nasogástrica ou nasoenteral. Algumas vezes a sonda é localizada diretamente no estômago ou no intestino através de um orifício. Estes tipos de procedimentos são chamados de gastrostomia (orifício no estômago) ou jejunostomia (orifício no intestino delgado). A gastrostomia pode ser feita por cirurgia ou endoscopia (Gastrostomia Endoscópica Percutânea). Na Tabela 1 é possível verificar a vantagem e desvantagem da utilização de cada via de acesso.

Pacientes com trato gastro-intestinal (TGI) íntegro ou parcialmente funcionante, com apetite diminuído a ponto de não ingerirem um mínimo de nutrientes necessários ou aqueles que se encontram impossibilitados de alimentar-se por via oral, devem receber NE. Nos últimos anos, os contínuos avanços tecnológicos e nos conhecimentos da fisiopatologia gastrointestinal permitiram estender os benefícios da alimentação enteral a pacientes criticamente enfermos, com graves distúrbios do aparelho digestivo.

Quando houver previsão da necessidade de SN por um período maior a um mês, a gastrostomia ou jejunostomia tornam-se uma melhor opção. Na é possível verificar os passos para a colocação da sonda jejunal.

Tabela 1 - Vias de acesso para NE

Acesso	Indicação	Vantagens	Desvantagens
Ingestão oral espontânea	<ul style="list-style-type: none"> – Sendo a mais fisiológica, é a via de indicações primeira, sendo seu uso, mesmo quando possível, quantitativa e qualitativamente limitado em inúmeras situações clínicas. 		
Naso-gástrica	<ul style="list-style-type: none"> – Reflexo de tosse intacto – Ausência de refluxo esofágico – Esvaziamento gástrico normal – Ausência de refluxo duodenal – Estômago isento de patologias 	<ul style="list-style-type: none"> – Inserção fácil do tubo – Maior capacidade do reservatório gástrico 	<ul style="list-style-type: none"> – Maior risco de bronco-aspiração – Desconforto do tubo – Psicológico – Má aparência do tubo
Nasoduodenal	<ul style="list-style-type: none"> – Alto risco de bronco-aspiração – Gastroparesia – Dificuldade de esvaziamento gástrico – Refluxo esofágico 	<ul style="list-style-type: none"> – Menor risco de aspiração pulmonar 	<ul style="list-style-type: none"> – Intolerância GI potencial (cólicas, distensão, diarreia) – Pode necessitar de inserção endoscópica do tubo – Risco de deslocamento do tubo e bronco-aspiração
Nasojunal	<ul style="list-style-type: none"> – Alto risco de bronco-aspiração – Gastroparesia – Dificuldade de esvaziamento gástrico – Refluxo esofágico – Período de disfunção gástrica devido a trauma ou cirurgia 	<ul style="list-style-type: none"> – A alimentação pelo tubo pode ser iniciada logo após a cirurgia ou trauma – Menor risco de aspiração pulmonar 	<ul style="list-style-type: none"> – Intolerância GI potencial – Pode necessitar de inserção endoscópica ou fluoroscópica do tubo – Risco de deslocamento do tubo e bronco-aspiração
Gastrostomia	<ul style="list-style-type: none"> – Para alimentação de longo duração, função gástrica normal – Disfunção de deglutição por doença neurológica, miastenia gravis, colagenose – Via nasoenteral inviável – Reflexo de tosse intacto 	<ul style="list-style-type: none"> – Colocação simultânea à cirurgia GI – Não há necessidade de cirurgia para gastrostomia endoscópica, mais barata que a cirúrgica 	<ul style="list-style-type: none"> – Risco potencial de bronco-aspiração – Necessita de cuidados com o estoma – Risco de infecção local

(continua)

(continuação)

Gastrostomia	<ul style="list-style-type: none"> - Ausência de refluxo esofágico 	<ul style="list-style-type: none"> - Tubos mais largos tem menor incidência de obstrução - Maior capacidade de armazenamento do estômago 	<ul style="list-style-type: none"> - Fístula potencial após a retirada do tubo
Jejunostomia	<ul style="list-style-type: none"> - Nutrição de longa duração - Alto risco de bronco-aspiração - Refluxo esofágico - Inviabilidade de acesso digestivo alto devido a obstrução, fistula, estenose, doença ulcerosa ou neoplásica 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor risco de bronco-aspiração - Colocação simultânea à cirurgia endoscópica - A nutrição pode ser iniciada logo após a cirurgia 	<ul style="list-style-type: none"> - Intolerância GI potencial - O estoma necessita de cuidados e há risco de infecção - Risco potencial de lesão da pele pelas secreções digestivas ao redor do estoma - Fístula potencial após remoção de jejunostomia - Tubo mais fino com risco de oclusão

Fonte: (SOUZA, 1998)

Além da via de acesso, a NE ainda segue um método de administração que determina a frequência com que a dieta líquida deve ser ministrada. O método selecionado depende: via de acesso enteral; estabilidade do paciente (crítico ou não); ritmo de esvaziamento gástrico; tolerância GI para NE; tipo de fórmula usada; necessidades necessárias de calorias e proteínas; facilidade de administração e mobilidade do paciente. Na Tabela 2 é possível verificar os indicações, vantagens e desvantagens de cada método.

Tabela 2- Métodos de Administração de NE

Método de Administração	Indicações	Vantagens	Desvantagens
Contínuo: via bombo de infusão ou gravidade	<ul style="list-style-type: none"> - Início da NE - Pacientes críticos - Via duodenal ou por jejunostomia - Tolerância inadequada à nutrição intermitente ou em "bolo" 	<ul style="list-style-type: none"> - Bomba de infusão - Minimiza os riscos de grande resíduo gástrico e de aspiração pulmonar - Minimiza os riscos de distúrbios 	<ul style="list-style-type: none"> - Restringe deambulação - Infusão nas 24 hs/dia - Aumento dos custos devido ao custo do equipamento e equipamentos

(continua)

(continuação)

Contínuo: via bomba de infusão ou gravidade		– metabólicos como aumento da glicemia pós-prandial	
Intermitente: via bomba de infusão ou gravidade	<ul style="list-style-type: none"> – Pacientes críticos – Nutrição domiciliar – Pacientes reabilitação 	não em <ul style="list-style-type: none"> – Flexibilidade de programa de nutrição baseado no ritmo de infusão da NE – Mais barato devido a necessitar de menos equipamento – Intervalo e tempo livre entre as refeições 	<ul style="list-style-type: none"> – Maior risco de complicações como aspiração, náuseas, vômitos, cólicas, distensão e diarreia – Intolerância GI potencial como dificuldade de se atingir o volume desejado – Pode requerer fórmulas de maior densidade calórica e protéica
Intermitente em “bolo” via seringa ou bulbo	<ul style="list-style-type: none"> – Pacientes críticos – Nutrição domiciliar – Pacientes reabilitação 	não em <ul style="list-style-type: none"> – Fácil de administrar – Barato (não usa bomba) – Períodos mais curtos de alimentação 	

Fonte: (SOUZA, 1998)

A nutrição enteral em pequenos volumes em recém-nascidos, tem sido conhecida como nutrição enteral mínima, nutrição enteral hipocalórica, nutrição enteral com volume mínimo ou nutrição de estimulação ou preparo do trato gastrointestinal. A nutrição enteral mínima tem sido utilizada com o objetivo de preparar e estimular o trato gastrointestinal sem haver a preocupação de oferecer um aporte calórico adequado (BERSETH, 1992)(TROCHE, 1990).

Mesmo antes da introdução da nutrição enteral mínima é necessário certificar-se de que o trato gastrointestinal do RN esteja pronto para receber tal nutrição, ou seja, ausência de distensão abdominal e/ou anomalias congênitas gastrointestinais, ruídos gastrointestinais presentes e eliminação prévia de mecônio.

Leite materno tem sido o preferido para ser utilizado tanto na nutrição enteral mínima quanto na nutrição enteral plena, embora estudos têm demonstrado que os benefícios alcançados com a nutrição enteral mínima foram igualmente obtidos com leite artificial (BERSETH, 1992) (SLAGLE, 1988).

Uma vez terminado o período de nutrição enteral mínima, isto é, após 7 a 10 dias, inicia-se o período de "avanços" no volume diário das mamadas, até que a nutrição enteral plena seja alcançada.

Finalmente, é importante ressaltar que a nutrição enteral mínima deve ser interrompida por períodos variáveis de tempo em qualquer momento que forem observados sinais de intolerância alimentar, incluindo (DUNN, 1988): vômitos, íleo, distensão abdominal importante (aumento na circunferência abdominal igual ou superior a 2 cm) ou resíduo gástrico de aspecto bilioso. Resíduos gástricos claros de volumes inferiores a 2 ml podem ser devolvidos ao RN. Sugere-se também que na fase de "avanços" dos volumes diários da dieta, o volume total da dieta não deve ser aumentado caso o volume total de resíduos gástricos observados no dia anterior seja superior a 10% do volume total oferecido (SLAGLE, 1988).

Apesar de ser baixa a incidência de complicações clínicas significativas, alguns dos problemas que podem ocorrer em decorrência da utilização da nutrição enteral, são listadas:

- Mecânicas: São complicações relacionadas ao tamanho, posição e composição da sonda utilizada, como: erosão e necrose nasais, sinusite aguda, atite média aguda, ulcerações e estenose laríngea, esofagite, perfuração duodenal e jejunal, alterações respiratórias reflexas.
- Gastrointestinais: São as complicações mais frequentes: cólicas, náuseas e vômitos, diarreia, alterações de flora bacteriana, distensão, enterocolite necrotizante.

- Metabólicas: Estão cada vez menos frequentes: desidratação hipertônica, superidratação, alterações da função hepática.
- Infecciosas: pneumonia aspirativa, contaminação do alimento e da sonda.

3.4 Cálculo das Necessidades Nutricionais

Cada paciente tem necessidades nutricionais peculiares, variando de acordo com a idade, o sexo, o peso e a altura, o grau de atividade física e com a natureza das doenças associadas.

Durante a última década, várias mudanças têm ocorrido nas publicações que avaliam as necessidades nutricionais na infância. Talvez a mais importante tenha sido uma progressiva redução nas estimativas da necessidade média de ingesta calórica. Ainda não há um consenso acerca das necessidades para todos os nutrientes; sendo assim, reconhece-se que muitos padrões destas exigências nutricionais são, certamente, estimativas e, portanto, a serem progressivamente aperfeiçoadas.

Os requerimentos nutricionais na infância são relativamente maiores que na vida adulta, conseqüentes não só ao crescimento, mas também aos requerimentos para a manutenção do mesmo, uma vez que a criança tem uma maior velocidade metabólica e mais rápida reciclagem de nutrientes. Para as crianças doentes, estes requerimentos são ainda maiores, pois as mesmas passam por situações hipercatabólicas, onde a depleção de energia e proteínas pode desenvolver respostas fisiopatológicas de resultados clínicos bastante desfavoráveis.

3.4.1 Necessidades energéticas

Segundo a OMS, as necessidades energéticas de um indivíduo são a quantidade de energia alimentar ingerida que compensa o gasto energético, quando o tamanho e a composição do organismo e seu grau de atividade física são compatíveis com um estado duradouro de boa saúde, permitindo-o manter sua atividade física normal.

Na grande maioria dos casos, o maior componente do gasto energético é a taxa de metabolismo basal (TMB) e esta depende principalmente do tamanho, da composição do corpo e da idade do indivíduo.

Nas crianças, principalmente os lactentes, as necessidades energéticas totais, e estas variam muito em função da taxa de crescimento e composição do tecido formado. Em consequência disto, as necessidades energéticas estimadas, desde o nascimento até os 10 anos de idade, são baseadas em ingestas observadas em crianças saudáveis que apresentam crescimento normal (Tabela 3 e Tabela 4).

Tabela 3 – Necessidades energéticas até 12 meses

Idade (meses)	Necessidades calóricas (Kcal/Kg/dia)
0-1	124
1-2	116
2-3	109
3-4	103
4-5	99
5-6	96,5
6-7	95
7-8	94,5
8-9	95
9-10	99
10-11	100
11-12	104,5

Fonte: (TELLES, 1994)

Tabela 4 - Necessidades energéticas até 10 anos

Idade (anos)	Necessidade Calóricas (cal/Kg/dia)	
	Meninos	Meninas
1-2	104	108
2-3	104	102
3-4	99	95
4-5	95	92
5-6	92	88
6-7	88	83
7-8	83	76
8-9	77	69
9-10	72	62

Fonte: (TELLES, 1994)

Na criança doente, é fundamental um suprimento energético adequado para responder às demandas patológicas e fornecer combustível para os processos reparativos. Essas necessidades variam de acordo com o tipo de patologia e sua resposta hipermetabólica orgânica. As elevações da taxa metabólica observadas em pacientes doentes apresentam um evidente contraste com as daqueles submetidos à inanição.

3.4.2 Necessidades protéicas

As proteínas orgânicas se desintegram e ressintetizam continuamente, mesmo em situações de estabilidade. No período de crescimento, não só há um armazenamento protéico, como também uma taxa de síntese e decomposição.

As necessidades podem ser avaliadas de duas maneiras. Uma delas consiste em determinar a perda total de compostos nitrogenados do corpo com uma dieta isenta de proteínas e, a seguir, calcular a quantidade de proteínas de alto valor biológico para repor estas perdas nitrogenadas obrigatórias. Este tipo de avaliação é denominado método fatorial. O outro método consiste em determinar diretamente a quantidade mínima de proteína, necessária na dieta, para a

manutenção do equilíbrio nitrogenado. No caso de crianças e lactentes, utiliza-se a otimização da velocidade de crescimento.

Tabela 5 - Necessidades protéicas até 12 meses

Idade (meses)	Necessidades Protéicas (g/Kg/dia)
1-2	2,25
2-3	1,82
3-4	1,47
4-5	1,34
5-6	1,30
6-9	1,25
9-12	1,15

Fonte: (TELLES, 1994)

Tabela 6 - Dose Inócua de Proteínas até 10 anos

Idade (anos)	Dose Inócua de Protéicas (g/Kg/dia)
1-1,5	1,26
1,5-2	1,17
2-3	1,13
3-4	1,09
4-5	1,06
5-6	1,02
6-7	1,01
7-8	1,01
8-9	1,01
9-10	0,99

Fonte: (TELLES, 1994)

Nas crianças, principalmente aquelas menores de três anos de idade, cujas necessidades energético-protéicas são maiores, as enfermidades ocorrem com maior frequência. A anorexia e os transtornos metabólicos provocam um balanço negativo, comprometendo o processo de crescimento orgânico. Estas situações devem ser analisadas separadamente pelo médico.

3.4.3 Necessidades hídricas

A água tem sua importância, principalmente pelo fato de responder por 60% a 90% do peso dos nossos diversos tecidos biológicos. Na criança, as necessidades de manutenção hídrica estão ao redor de 1 ml/cal metabolizada, sendo que no período neonatal, principalmente nos prematuros, ela chega a 1,5 ml/cal metabolizada. Considerando-se as necessidades hídricas em função do consumo energético, o cálculo das necessidades hídricas pode ser estimado pela equação de Holliday-Segar (Tabela 7), que determina as necessidades calóricas diárias em função do peso corporal.

Tabela 7 - Tabela de Necessidades Hídricas, segundo Holliday-Segar

Peso	Necessidades Hídricas
≤ 10 Kg	100 cal/Kg/dia
≥ 11Kg e ≤ 20 Kg	1000 cal + 50cal/Kg acima de 10 Kg
> 20 Kg	1500 cal + 20cal/Kg acima de 20 Kg

Fonte: (TELLES, 1994)

3.4.4 Necessidades de Carboidratos

A principal função dos carboidratos é servir como fonte de energia ao organismo. Cada grama de carboidrato fornece 4,1 cal, independente da fonte, seja monossacárides, dissacárides ou polissacárides. Eles exercem uma ação economizadora de proteínas. A utilização ótima de aminiácidos tem estreita relação com o suprimento adequado de carboidratos, melhorando o balanço nitrogenado.

A presença de carboidratos é essencial para o metabolismo lipídico, pois em sua ausência as gorduras são utilizadas para a produção energética e, com isso, favorecem o acúmulo de produtos intermediários, ácidos, de sua oxidação, podendo resultar em acidose metabólica.

Carboidrato, é a única fonte energética para o cérebro, importante, portanto, na manutenção da integridade funcional do sistema nervoso central. Bastam que 15% das necessidades energéticas totais sejam supridas por carboidratos para efetivar a preservação protéica. Em média, deve-se manter 46% das calorias totais sob a forma de carboidratos; ofertas acima de 70% devem ser evitadas devido ao aumento na produção de CO₂. Nos indivíduos com insuficiência respiratória grave, isto pode trazer sérias complicações.

3.4.5 Necessidades Lipídicas

Os lipídios constituem não só uma grande fonte calórica, mas também um fator que facilita a absorção de aminoácidos essenciais, vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), cálcio e outros elementos minerais. Um mínimo de 30% de oferta calórica total sob a forma de lipídios parece ser desejável; em algumas situações patológicas, o fornecimento de lipídios pode atingir cerca de 50% das necessidades calóricas totais.

Fato importante é que pelo menos 10% dos ácidos graxos fornecidos devem ser poli-insaturados ou essenciais, principalmente os derivados do ácido linoléico e alfa-linoléico. Estes são constituintes essenciais na dieta humana, pois em função deles serão sintetizados componentes fundamentais das estruturas celulares, assim como, ao incorporarem-se a outros lipídios, atuarão como precursores na formação das prostaglandinas. O aporte ótimo de ácido linoléico na dieta humana é de 4%. A maioria das dietas, incluindo-se o leite materno, fornece níveis acima deste percentual.

3.4.6 Necessidades de Eletrólitos

Em geral, de maneira independente das necessidades calóricas, protéicas e hídricas, os íons são oferecidos à criança em proporcionalidade ao seu peso até o limite das necessidades do adulto.

Eletrólitos que devem ser oferecidos à criança: sódio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo e cloro.

Tabela 8 - Necessidades diárias de eletrólitos sob condições normais

Eletrólitos	Oferta (por Kg/dia)	Limite (por dia)
Sódio (mEq)	2,0-4,0	150
Potássio (mEq)	2,5-5,0	120
Cálcio (mEq)	0,5-2,0	20
Magnésio (mEq)	1,0-2,5	24
Fósforo (mMol)	1,0-2,0	50
Cloro (mEq)	2,0-3,0	150

Fonte: (TELLES, 1994)

3.4.7 Necessidades de Vitaminas

A nutrição infantil ainda necessita de vitaminas lipossolúveis como as vitaminas: A (retinol), D (colecalfiferol), E (tocoferol) e K (fitomenadiona); e vitaminas hidrossolúveis como: B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacinamida), B5 (ácido pantotênico), B6 (piridoxina), B7 (biotina), B9 (ácido fólico), B12 (cianocobalamina) e C (ácido ascórbico).

Tabela 9 - Necessidades diárias de vitaminas em RN e lactentes

Vitaminas	RN Pré-Termo (por Kg/dia)	RN Termo/Lactentes (por dia)
A (mg)	0,5	0,7
B1 (mg)	0,48	1,2
B2 (mg)	0,56	1,4
B3 (mg)	6,8	17
B5 (mg)	2,0	5,0
B6 (mg)	0,4	1,0
B7 (ug)	8,0	20
B9 (ug)	56	140
B12 (ug)	0,4	1,0
C (mg)	25	80
D (UI)	80	400
E (mg)	2,8	7,0
K (mg)	0,08	0,2

Fonte: (TELLES, 1994)

3.4.8 Necessidades de Oligoelementos

Os oligoelementos presentes na nutrição infantil são: cobre, selênio, zinco, manganês, cromo, entre outros. Na Tabela 10 é possível verificar as necessidades dos principais oligoelementos da dieta infantil.

Tabela 10 - Necessidades diárias de oligoelementos

Oligoelementos	RN Pré-Termo (em ug/Kg/dia)	RN Termo/lactente (em ug/Kg/dia)	Dose Máxima (em ug/dia)
Zinco	400	250/100	5000
Cobre	20	20	300
Selênio	2,0	2,0	30
Cromo	1,0	1,0	50
Manganês	0,20	0,20	5,0
Molibdênio	0,25	0,25	5,0
Iodo	1,0	1,0	1,0
Ferro	100	100	1400
Flúor	500 (ug/dia)	500 (ug/dia)	1000

Fonte: (TELLES, 1994)

3.5 Dieta Enteral

De acordo com o Centro de Vigilância Sanitária “Fórmulas ou dietas enterais são produtos alimentícios que possuem todos os elementos nutritivos para atender às necessidades básicas do indivíduo nas quantidades e proporções adequadas”.

Obrigatoriamente, o tipo de dieta enteral e o ritmo de infusão deverão ser adequados às necessidades nutricionais de cada paciente. Independente do tipo de dieta a osmolaridade é muito importante, não devendo ultrapassar 300 mOsm, sendo que, mesmo quando utilizada a via gástrica, não deve ultrapassar 800 mOsm.

Para a seleção e a administração da dieta adequada se deve conhecer a composição da fórmula, bem como eventuais alterações nos processos fisiológicos

de digestão e absorção. O grau de absorção e a tolerância à fórmula são determinados pela forma e pela concentração de cada nutriente. O conhecimento da osmolalidade é fundamental, pois fórmulas com alta osmolalidade podem causar diarreia quando administradas por via duodenal ou jejunal.

Ao se escolher a dieta, os seguintes itens devem ser considerados:

- Capacidade digestiva e absorptiva do trato gastrointestinal;
- Necessidades nutricionais específicas, conforme a situação clínica do paciente;
- Necessidade de restrição hídrica e de eletrólitos.

A gravidade e a variabilidade das doenças levam à diferenciação do perfil metabólico e nutricional de cada paciente, o que requer formulações específicas para cada situação.

Existem vários tipos de dieta enteral usadas no paciente pediátrico.

3.5.1 Dietas Gerais Hospitalares

Utilizada para crianças maiores que 2 anos de idade. São dietas rotineiras com limitações ou não quanto ao teor de calorias, hidratos de carbono, lipídios, proteínas, fibras, consistência ou água, que podem ser utilizadas ou em ingestão voluntária ou por infusão gástrica.

3.5.2 Dietas Formuladas

São dietas sintéticas, compostas de hidratos de carbono, proteínas e lipídios íntegros ou parcialmente hidrolisados, enriquecidos com vitaminas, eletrólitos e oligoelementos.

3.5.3 Dietas “Blenderizadas”

São dietas mistas, utilizando elementos naturais (leite de vaca, soja, caldo de carne, ovo, manteiga, etc.) juntamente com algumas fórmulas sintéticas (Sobee, Isolac, Karo, Nidex, Casec, etc.). Sua vantagem é o manejo muito fácil, podendo ser preparadas pelo paciente, em casa. A principal limitação desta dieta está na sua alta osmolaridade (+600 mOsm), que limita seu uso à via gástrica. São também muito concentradas (hipercalóricas e hiperprotéicas).

3.5.4 Dietas Lácteas

São certamente as dietas mais utilizadas no paciente pediátrico, sendo disponíveis em nosso mercado inúmeros produtos (Tabela 11) que podem adaptar-se à capacidade digestiva específica de cada paciente.

Tabela 11 - Composição dos principais leites

Produto	Fabricante	HC (g/l)	Lípide (g/l)	Proteína (g/l)	Calorias (Kcal/l)	Osmolaridade (mOsm/Kg H ₂ O)
Nan 1	Nestlé	74	34	16	670	290
Nan 2	Nestlé	79	29	22	670	290
Pre Nan	Nestlé	80	34	20	670	264
AL 110	Nestlé	54	33	19	670	170
Altaró	Nestlé	78	36	25	720	220
Alboy	Nestlé	74	33	19	670	189
Isomil	Abbott	69	36,9	19	680	254
Enlatac Prematuro (na diluição 1 medida p/ 25 ml de água)	Bristol	89,6	40,8	24	810	300
Pregestimil	MeadJohnson	91	27	19	670	350
Pediasure	Abbott	109,7	49,7	30	1000	310
Osmolite HN	Abbott	141,2	36,6	44,4	1060	300
Pediatric Diet	Support	122	45	27,5	1000	245
Similac Advanced 1	Abbott	71	37	14	680	300
Similac Advanced 2	Abbott	70	37,3	15	680	300
Aptamil 1	Support	78	33	16	670	310
Aptamil 2	Support	86	29	28	720	338

Fonte: (LEITE, 1999)

Sua grande vantagem é a utilização universal que, associada à baixa osmolaridade, permite seu uso na NE do lactente pequeno, exigindo porém que haja TGI.

Quando utilizada para alimentação jejunal o leite humano, de vaca ou de soja, é necessário respeitar dois princípios básicos:

1. Osmolaridade intraluminal
2. Capacidade máxima de absorção por unidade de superfície. A capacidade máxima é atingida após um tempo de latência.

Tabela 12 - Capacidade Máxima de Absorção Intestinal de Nutrientes

Nutrientes	Capacidade Máxima
Água	100 a 350 ml/Kg/dia
Hidratos de Carbono	18 g/Kg/dia
Proteínas	3,5 g/Kg/dia
Lipídios	1,7 g/Kg/dia

Fonte(TELLES, 1994)

3.5.5 Dietas Elementares

São dietas totalmente sintéticas, constituídas de alimentos previamente digeridos que não exigem quase nenhuma capacidade digestiva, e que não deixam nenhum resíduo.

Pelo elemento osmolaridade devem ser sempre utilizados por via gástrica, e praticamente sempre por sonda, já que a sua palatabilidade é sofrível, a despeito de todos os esforços para flavorização realizados pelos fabricantes.

Apresenta um custo elevado e pouca disponibilidade em nosso meio, portanto é muito pouco utilizada.

3.5.6 Dietas Modularizadas

São dietas em que alteramos uma fórmula previamente existente, quer sintética ou naturalmente, através do acréscimo de um ou vários nutrientes, permitindo uma melhor adaptação à capacidade digestiva momentânea.

Torna-se mais cara pelo custo de produção, e envolve na manipulação dos nutrientes um risco maior de contaminação.

3.5.7 Suplementos Alimentares

São preparações geralmente sintéticas, utilizadas para enriquecer fórmulas já existentes. Podem ser simples como Nídex, TCm, Casec, etc., ou compostas como Meritene, Sustacal, etc..

3.6 Considerações Finais

A nutrição enteral se iniciou com soluções complexas, dietas elementares, dietas especiais elaboradas e caras para, com o tempo, ir simplificando até chegar a dietas simples, cujo componente básico é a dieta própria para a idade. As “dietas” enterais são e devem ser simples e, sempre que possível, o mais próximo da normal.

O grande segredo da dieta enteral é a sua administração contínua. Não só as dietas por sonda nasogástrica, como por gastrotomia ou jejunostomias, são mais bem toleradas quando administradas continuamente, do que quando administradas em bolo. A administração contínua permite que se forneçam maiores volumes, impede a diarreia por carga osmolar alta e riscos de vômitos por excesso de volume.

A busca de soluções mais adequadas à nossa realidade, com a utilização de recursos nutricionais próprios de cada região, pode substituir a eventual ausência de produtos industrializados mais sofisticados.

Observa-se que a nutrição enteral se constitui um domínio de aplicação promissor para o desenvolvimento de um sistema especialista probabilístico, pois o especialista para chegar ao diagnóstico de um novo paciente, generaliza suas experiências anteriores, expressando uma certeza diagnóstica estimada com base frequentista de diagnósticos clínicos anteriores.

4 O sistema SANEP

Com base no estudo realizado no capítulo 2 e 3, foi constatado que em várias áreas de especialização, a experiência passada é um fator de extrema importância. Na área médica não acontece diferente, o médico (especialista) após acumular experiências, faz uso das mesmas para solucionar novos casos.

Desta forma, o objetivo deste projeto é o desenvolvimento um aplicativo utilizando sistemas especialistas probabilísticos, onde além de representar de forma adequada o modo de pensar e agir do especialista, é capaz de tratar a imprecisão. O sistema SANEP objetiva oferecer rapidez e segurança nos cálculos envolvidos para a prescrição da nutrição enteral, podendo melhorar a dinâmica entre os membros da equipe multidisciplinar de suporte nutricional, permitindo ao médico uma maior liberdade para a assistência aos pacientes.

O sistema SANEP desenvolvido deverá ser capaz de ser integrado ao sistema SIDENP – Sistema Integrado de Diagnóstico e Educação em Nutrição Pediátrica, a arquitetura do sistema SIDENP pode ser verificada na Figura 1. Com a distribuição dos processos (vários sistemas integrados), surge o problema da padronização. A linguagem de comunicação entre os processos deve ser padronizada, como também a forma de representar o conhecimento – para que o mesmo seja trocado e tratado por processos especialistas distintos sem a perda de informação. Todos os sistemas que serão agraçados ao SIDENP, utilizam a inferência probabilística (redes bayesianas).

O diálogo paciente-médico é o componente mais básico e essencial do atendimento clínico, sendo o processo através do qual há uma ativa troca de saber entre as partes quanto ao status quo e tendências futuras do estado de saúde do primeiro e uma negociação entre ambos quanto a como proceder a partir da constatação final obtida.

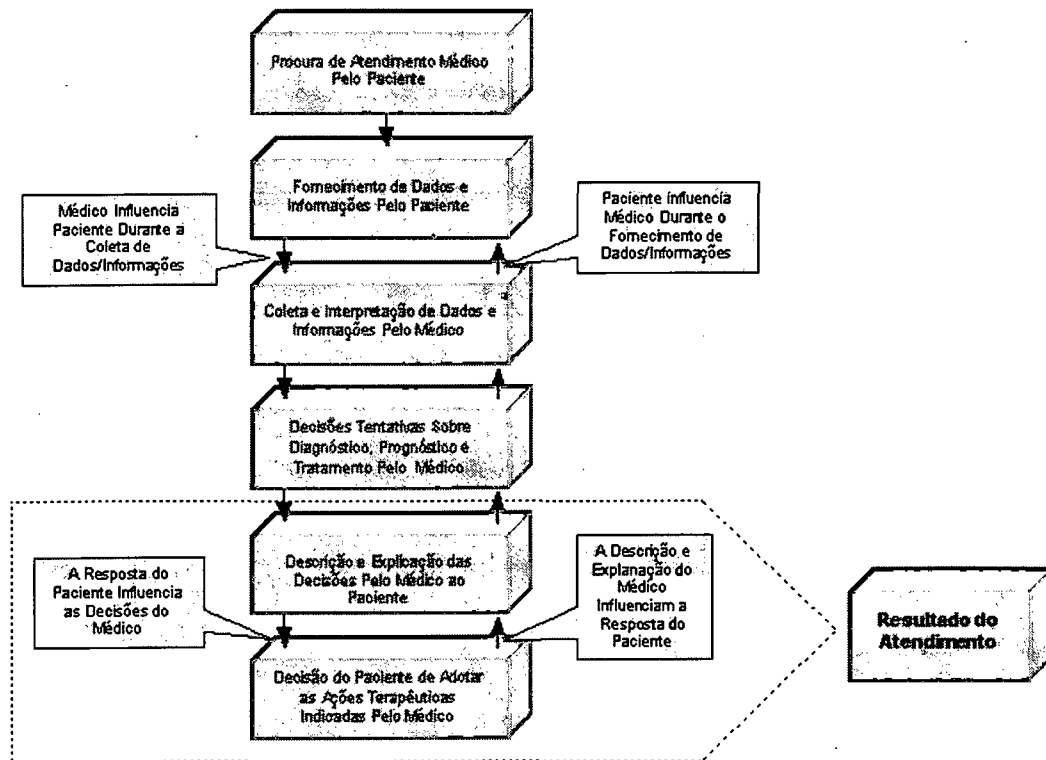


Figura 5- Etapas para o atendimento/diagnóstico médico(IATROS)

Naturalmente, as etapas descritas na Figura 5 representam apenas uma de inúmeras possibilidades, mas apresenta a vantagem de explicitar objetivamente as etapas da consulta, o fluxo do saber (dados e informações), as instâncias de tomada de decisão e as interações ocorridas. Dessa forma, tem-se uma boa base a partir da qual se pode traçar um modelo para a realização de estudos científicos envolvendo a relação paciente-médico e suas implicações.

A utilização da *shell* Netica para o desenvolvimento da base de conhecimento probabilística deve-se ao fato de apresentar as seguintes características (NASSAR, 2000):

- gera uma apresentação gráfica de qualidade, a qual pode ser incorporada dentro de outros documentos,
- pode encontrar decisões ótimas para problemas de decisão sequencial,
- soluciona diagramas de influência eficientemente pelo uso de clique na árvore,

- pode aprender relações probabilísticas através de dados,
- permite atualização fácil da rede de crença e dos diagramas de influência, incluindo: excluir, colar e duplicar nós da rede de crença e dos diagramas de influência,
- mantém diagramas complexo ordenados,
- permite comentários,
- permite desfazer e refazer comando ilimitadamente,
- permite a entrada de relações probabilísticas através de equações, com uma extensa biblioteca de funções probabilísticas e funções matemáticas.
- tem facilidade para realizar a discretização de variáveis contínuas,
- Netica está disponível em versões para Windows 95, Windows NT 4.0, Macintosh e UNIX.

O sistema foi desenvolvido utilizando o compilador Borland Delphi 5.0, devido ao ambiente amigável de desenvolvimento, suportar a filosofia de programação orientada a objetos, facilidade de construção de interfaces gráficas, suporte oferecido para a utilização de banco de dados e permitir a integração com as bibliotecas de integração com a *shell* Netica. O banco de dados foi construído na ferramenta própria do Borland Delphi 5.0, denominada Database Desktop 7.0.

Para o desenvolvimento do sistema as seguintes etapas foram realizadas:

1. Aquisição e Representação do conhecimento (rede bayesiana);
2. Implementação do sistema especialista probabilístico;
3. Interface com o usuário;
4. Geração de relatórios e gráficos de acompanhamento e
5. Módulo de ajuda.

4.1 Aquisição e Representação do conhecimento

A aquisição do conhecimento consta da coleta dos dados necessários para formar a base de conhecimento. Nesta fase foram levantados os itens importantes

(atributos) para a montagem da nutrição enteral . Para o levantamento destes itens, foram utilizadas algumas técnicas de eliciação do conhecimento, entre elas a entrevista, discussão focalizada, geração de matriz, protocolos e laddering. Foram necessárias inúmeras interações com o especialista para a realização da coleta dos dados.

A eliciação do conhecimento foi realizada com a participação completa das especialistas, uma especialista já havia participado de outros projetos em informática e já estava familiarizada com os procedimentos. A especialista, doutora em nutrição pediátrica Maria Marlene de Souza Pires, que atende no Hospital Infantil Joana de Gusmão e professora no Departamento de Pediatria da Universidade Federal de Santa Catarina, e a especialista Mônica Lisboa Chang Wayhs, ambas ministraram uma aula sobre suporte nutricional e mais especificamente nutrição enteral, disponibilizaram material de estudo para a familiarização do domínio e do vocabulário para a facilitar os encontros seguintes. A partir deste momento, foram colhidas as informações úteis para a prescrição da NE, as fichas utilizadas pela Equipe Multiprofissional de Terapia Nutricional podem ser verificadas no (Anexo I):

- Dados pessoais do paciente (nome, idade, etc.);
- Dados antropométricos do paciente durante a anamnese (peso, etc.);
- Características do paciente:
 - Trato gastro-intestinal
 - Intolerância Lactose
 - Intolerância Proteína Leite de Vaca
 - Intolerância Proteína Soja

Foram levantadas as hipóteses diagnósticas relevantes a esse domínio de estudo, bem como as evidências que são necessárias para chegar ao diagnóstico. As hipóteses diagnósticas definidas foram: leite hidrolisado, leite de soja, leite sem lactose, leite elementar e leite de fórmula. As evidências definidas pela

especialista são: intolerância lactose, intolerância a proteína de vaca e intolerância a proteína de soja.

Tabela 13 - Distribuição das probabilidades a priori evidências do SANEP

Hipóteses Diagnósticas	Evidências					
	Intolerância Lactose		Intolerância Proteína de Vaca		Intolerância Proteína de Soja	
Leites	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Hidrolisado	0,01	0,99	0,04	0,96	0,99	0,01
Soja	0,08	0,92	0,95	0,05	0,01	0,99
Sem Lactose	0,90	0,10	0,01	0,99	0,01	0,99
Elementar	0,01	0,99	0,01	0,99	0,01	0,99
Fórmula Infantil	0,01	0,99	0,01	0,99	0,01	0,99

A base de conhecimento probabilística montada para o sistema SANEP utiliza a experiência de um especialista específico, podendo estes valores serem contestados por outro especialista.

Quando a RB é construída, um nó é usado para cada variável que pode ser discreta, contínua ou proposicional (true/false). Deste modo, as palavras “nó” e “variável” serão usadas ao longo deste documento, mas “variável” normalmente se refere ao real mundo ou o problema original, enquanto “nó” normalmente se refere a sua representação dentro da RB.

Os nós são conectados com vínculos direcionados. Se há um vínculo do nó A para o nó B, então o nó A às vezes é chamado o pai, e nó B de filho (o nó B poderia ser o pai de outro nó). Normalmente um vínculo do nó A ao nó B indica que: A causas B, que A parcialmente causas ou predispõe B, que B é uma observação defeituosa de A, que A e B estão funcionalmente relacionados, ou que A e B são estatisticamente correlatados. A definição precisa de um vínculo está baseado em independência condicional, e é explicado em detalhes em (NEAPOLITAN, 1990)(PEARL, 1988). Porém, a maioria das pessoas parece

pegar a noção de vínculos intuitivamente, e os usa efetivamente sem se concentrar na definição precisa.

Finalmente, são providas relações de probabilidade para cada nó que expressa as probabilidades daquele nó e assume cada um de seus valores condicionados nos valores de seus nós de pai.

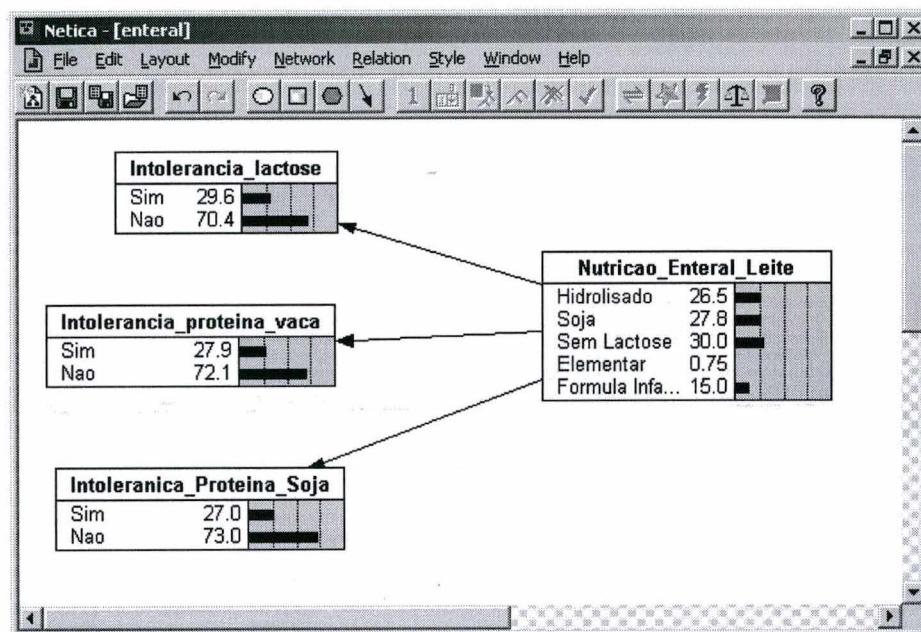


Figura 6 - Rede Bayesiana do sistema SANEP

A RB do sistema SANEP é composta por quatro nós, onde um representa o diagnóstico e os restantes representam os sinais e sintomas considerados (Figura 6). Uma vez que se tem a parte qualitativa da rede representada no modelo, pode-se construir a parte quantitativa da rede determinando as probabilidades condicionais *à priori* para cada variável. Esta etapa de determinação das partes Qualitativa e Quantitativa da rede bayesiana compõe a fase de Aquisição de Conhecimento de um SE.

As redes bayesianas são compostas de duas partes complementares: uma parte qualitativa e a outra quantitativa. A parte qualitativa é um modelo gráfico (grafo acíclico direcionado) onde as variáveis são os nós e as regras, que são as relações de dependência entre as variáveis, são os arcos direcionados. A parte

quantitativa é o conjunto de probabilidades condicionais associadas aos arcos existentes no modelo gráfico da parte qualitativa e as probabilidades estimadas a priori das hipóteses diagnósticas. (GAAG, 1996)

As abordagem Bayesiana permite verificar duas formas de raciocínio inferencial, abdutivo (Figura 7) e indutivo (Figura 8), de forma explícita e ilustrativa podendo ser visualizado no grafo da rede bayesiana, sendo um grande potencial para apoiar o ensino com a indicação de dieta enteral para crianças.

O raciocínio é o encadeamento aparentemente lógico de juízos ou pensamentos. É algo tão comum e intuitivo que a maioria das pessoas não se preocupa em analisar como tal processo ocorre (RABUSKE, 1995). Alguns tipos de raciocínio identificados por estudiosos da área são: monotônico, não-monotônico, dedutivo, indutivo, abdutivo, analógico, senso comum, entre outros.

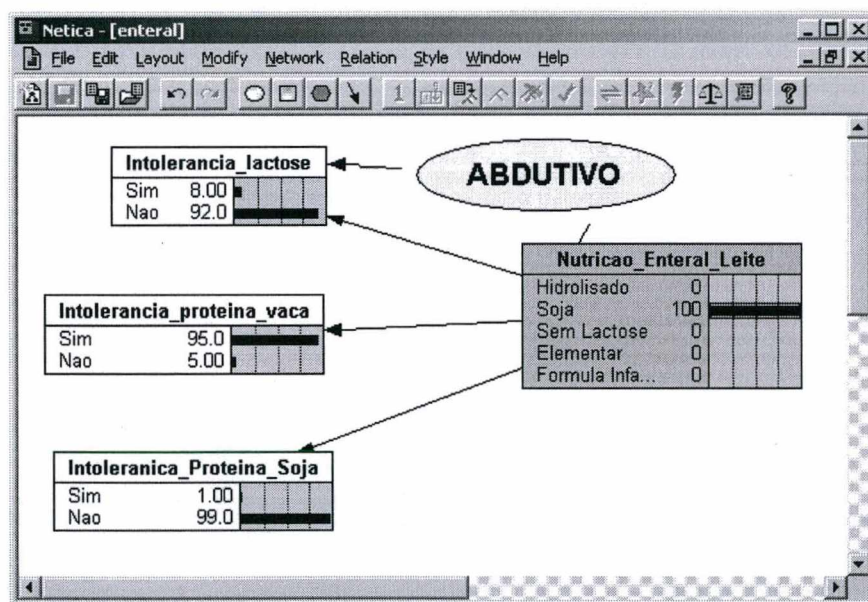


Figura 7 - Representação do raciocínio abdutivo

Nas redes bayesianas o Raciocínio Abdutivo é explicitado da saída (hipóteses diagnósticas) para a entrada (evidência). Uma vez construída a RB, o usuário pode conhecer um caso clínico típico de cada hipótese diagnóstica,

selecionando a hipótese de interesse. Este caso clínico expressa o conhecimento do especialista humano.

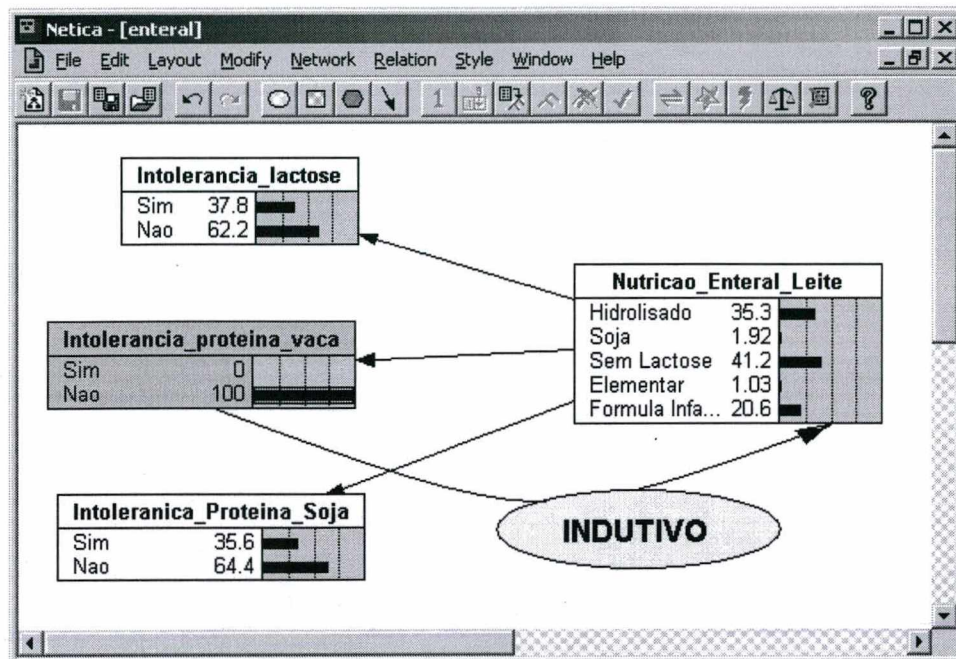


Figura 8 - Representação do raciocínio indutivo

O raciocínio indutivo é explicitado da entrada (evidência) para a saída (hipótese diagnóstica), onde o usuário pode verificar o ganho de informação em direção ao diagnóstico de cada evidência informada ao sistema.

Desta forma, a consulta a uma rede bayesiana mostra a plasticidade do raciocínio clínico realizado.

4.1.1 Demonstração de como a *shell* Netica inicializou a RB

Para a demonstração de como a *shell* Netica inicializou a rede é necessário considerar o vetor das probabilidades *à priori* das hipóteses diagnósticas, que representa a variável *Nutricao_Enteral_Leite* e os vetores das probabilidades condicionais *à priori* de cada uma das outras variáveis. A seguir está apresentado o vetor das probabilidades *à priori* da variável *Nutricao_Enteral_Leite*.

Node: **Nutricao_Enterale**

Chance

Hidrolis...	Soja	Sem_L...	Elemen...	Formul...
26.500	27.750	30.000	0.750	15.000

Figura 9 - Tabela na shell Netica que representa o vetor das probabilidades à priori da variável *Nutricao_Enterale_Leite*

onde,

Hidrolis... significa Leite Hidrolisado

Soja significa Leite Soja

Sem_L... significa Leite sem Lactose

Elemen... significa Leite Elementar

Formul... significa Leite de Fórmula Infantil

Os vetores das probabilidades condicionais à priori da variável **Intolerancia_lactose** está apresentado a seguir:

Node: **Intolerancia_lacto**

Chance

Nutricao_...	Sim	Nao
Hidrolisado	1.000	99.000
Soja	8.000	92.000
Sem_Lactose	90.000	10.000
Elementar	1.000	99.000
Formula_Inf...	1.000	99.000

Figura 10 - Representação gráfica da Parte Quantitativa da variável *Intolerancia_lactose*

Após entrar com todas as probabilidades, a *shell* Netica gerou uma distribuição de probabilidades que pode ser visualizada na Figura 6.

A seguir será demonstrado como a *shell* calculou que 29,5% das crianças tem **Intolerancia_lactose** na base de conhecimentos do sistema (Figura 6).

$$P(\text{Intolerancia_lactose}) = P(\text{Hidrolisado} \wedge \text{Intolerancia_lactose}) + \\ P(\text{Soja} \wedge \text{Intolerancia_lactose}) + \\ P(\text{Sem_Lactose} \wedge \text{Intolerancia_lactose}) + \\ P(\text{Elementar} \wedge \text{Intolerancia_lactose}) + \\ P(\text{Formula} \wedge \text{Intolerancia_lactose})$$

$$P(\text{Intolerancia_lactose}) = P(\text{Hidrolisado}) \cdot P(\text{Intolerancia_lactose} | \text{Hidrolisado}) + \\ P(\text{Soja}) \cdot P(\text{Intolerancia_lactose} | \text{Soja}) + \\ P(\text{Sem_lactose}) \cdot P(\text{Intolerancia_lactose} | \text{Sem_lactose}) + \\ P(\text{Elementar}) \cdot P(\text{Intolerancia_lactose} | \text{Elementar}) + \\ P(\text{Formula}) \cdot P(\text{Intolerancia_lactose} | \text{Formula})$$

$$P(\text{Intolerancia_lactose}) = 26,5 \cdot 1 + \\ 27,750 \cdot 8 + \\ 30,0 \cdot 90,0 + \\ 0,75 \cdot 1 + \\ 15 \cdot 1$$

$$P(\text{Intolerancia_lactose}) = 29,6425 \%$$

Pode-se notar que o cálculo das probabilidades condicionais *à priori* foi realizado para todas as variáveis da rede. Aqui apenas foi demonstrado a probabilidade de crianças apresentarem Intolerância Lactose.

Logo após, a aquisição do conhecimento da parte Qualitativa e da parte Quantitativa da rede, pode-se realizar as inferências na rede, isto é, informar os sinais e sintomas e obter-se como resposta o vetor de probabilidades *à posteriori* das hipóteses diagnósticas. Mais especificamente, a RB propagará a(s) evidência(s) e atualizará as probabilidades das hipóteses diagnósticas.

4.2 Implementação do Sistema Especialista Probabilístico

Esta etapa do desenvolvimento consta da integração do sistema SANEP, interface gráfica e base de dados, com a *shell* Netica onde encontra-se a base de conhecimento do sistema especialista probabilístico desenvolvido.

A implementação foi iniciada realizando-se a comunicação do ambiente de desenvolvimento Delphi 5.0, que possui os parâmetros (evidências) informados pelos usuários do sistema, com a base de conhecimento representada na *shell* Netica, através funções disponíveis nas *DLL's* próprias do Netica. Estas bibliotecas, disponíveis para o desenvolvimento de sistemas integrados ao Netica, estão disponíveis para diferentes plataformas e ambientes de desenvolvimento.

Outros módulos já desenvolvidos do sistema SIDENP já utilizam a integração entre o ambiente Delphi e a *shell* Netica, o que auxilia no desenvolvimento pois existem poucas aplicações atualmente utilizando esta integração e existe uma carência de documentação técnica.

Desta forma foi desenvolvida uma tela, visualizada na Figura 11, que realiza esta integração e armazena os parâmetros informados (evidências) e os percentuais de indicação da dieta láctea (hipóteses diagnóstica), em uma tabela para permitir posteriormente o acompanhamento periódico (pode ser diário, semanal, mensal, etc.) de cada paciente. Esta função está disponível através do botão “Sugestão de Leite”. Após o retorno das hipóteses diagnósticas o sistema permite a visualização gráfica destes valores.

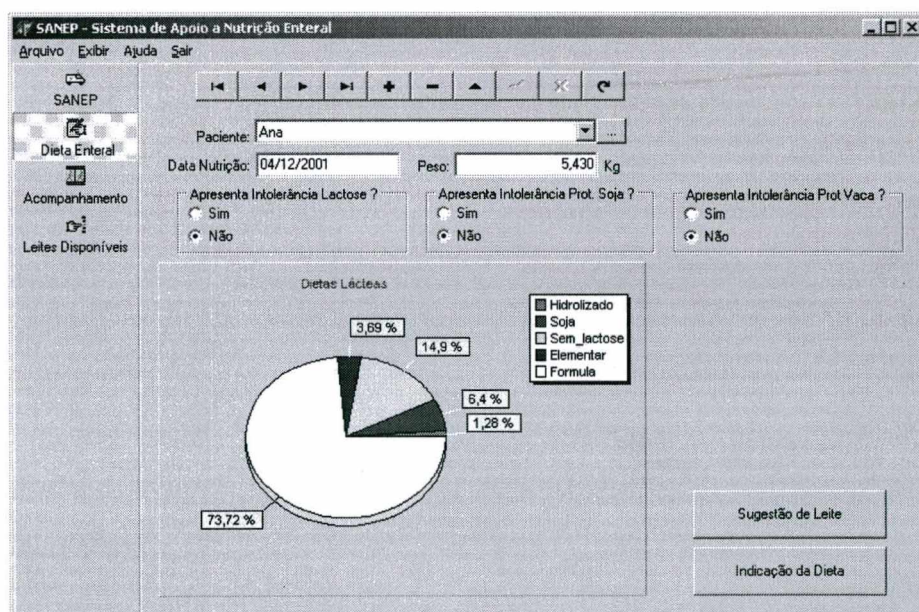


Figura 11 - Tela que realiza Integração do Delphi com o Netica

4.2.1 Funções Utilizadas para a Integração Delphi/Netica

As funções listadas abaixo foram baseadas na integração do Delphi 5.0 com a *shell* Netica realizada pelo sistema SACI (SIMÕES, 2001), que serviram de base para a integração do sistema SANEP.

4.2.1.1 Funções para Manipulação de Erro

- ***ErrorMessage_ns***: retorna uma mensagem de erro de uma dada relação de erros.
- ***ReportError_ns***: permite ao programador disponibilizar uma relação de erros na *shell* Netica.
- ***ClearError_ns***: remove a relação de erros apresentada durante todas as operações realizadas com a rede bayesiana.

4.2.1.2 Operações com Arquivos

- ***FileNamed_ns***: retorna um nome de arquivo válido para o Netica dado um nome de arquivo entendido pelo sistema operacional utilizado.
- ***WriteNet_bn***: grava uma rede bayesiana em um dado arquivo (.dne ou .dnet).
- ***ReadNet_bn***: lê uma rede bayesiana de um dado arquivo (.dne ou .dnet).

4.2.1.3 Propagação das Evidências

- ***EnterFinding_bn***: faz uma busca em nós que possuem valores discretos.
- ***EnterNodeValue_bn***: atribui um número real para um dado nó.

- ***GetNodeFinding_bn***: retorna os valores propagados de um dado nó como um vetor de probabilidades.
- ***RetractNodeFindings_bn***: retrai todos os valores propagados para um dado nó de uma rede bayesiana.
- ***RectractAllFindings_bn***: retrai todos os valores propagados para todos os nós da rede bayesiana.

4.2.1.4 Compilação e Atualização das Evidência

- ***CompileNet_bn***: compila uma rede bayesiana para que haja uma atualização rápida das crenças informadas.
- ***IsBeliefUpdated_bn***: retorna *true* se a crença do nó foi atualizada, refletindo os resultados correntes no momento.
- ***GetNodeBeliefs_bn***: retorna a crença corrente do nó como um vetor com uma probabilidade para cada estado do nó, permitindo que esse nó seja atualizado caso necessário.

4.2.1.5 Operações com Nós

- ***LenghtNodeList_bn***: retorna o número de nós de uma lista.
- ***FreeNodeList_bn***: libera a memória usada por uma lista de nós.
- ***NodeNamed_bn***: retorna o nome de um dado nó de uma rede bayesiana.
- ***GetNetNodes_bn***: retorna uma lista de nós de uma rede bayesiana.

4.2.1.6 Operações com o Sistema Netica

- ***NewNeticaEnviron_bn***: cria um novo ambiente Netica que deverá ser inicializado.
- ***InitNetica_bn***: inicializa o sistema Netica.

- ***CloseNetica_bn***: finaliza o uso do sistema Netica, liberando todos os recursos possíveis.
- ***FreeNet_bn***: libera o ambiente Netica, disponível por meio das *DLL's* da memória.
- ***GetNeticaVersion_bn***: retorna a versão da *shell* Netica que está sendo executada.

4.3 Interface com o Usuário

De acordo com o perfil do usuário do sistema (médicos, enfermeiras, nutricionistas, estudantes de medicina, entre outros), é essencial que a interface homem-máquina seja amigável, pois alguns usuários podem ter conhecimentos mínimos ou nenhum conhecimento de informática, e por questões de ergonomia de interfaces⁵.

Esta preocupação impõe que as entradas de dados do sistema sejam facilitadas, com a menor interação possível via teclado. Além do que, o sistema foi desenvolvido permitindo um pequeno número de interações, facilitando o seu entendimento. Pensando ainda no perfil do usuário, foi desenvolvido um sistema de ajuda acessível durante a execução do programa.

Na Figura 12, é possível verificar as entidades (tabelas) criadas para permitir o armazenamento das informações e posterior acompanhamento dos dados dos pacientes. Desta forma também foi necessário utilizar técnicas de banco de dados relacionais no desenvolvimento do SANEP.

⁵ “O conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários à concepção de instrumentos, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo conforto, segurança e de eficácia” (WISNER, 1994)

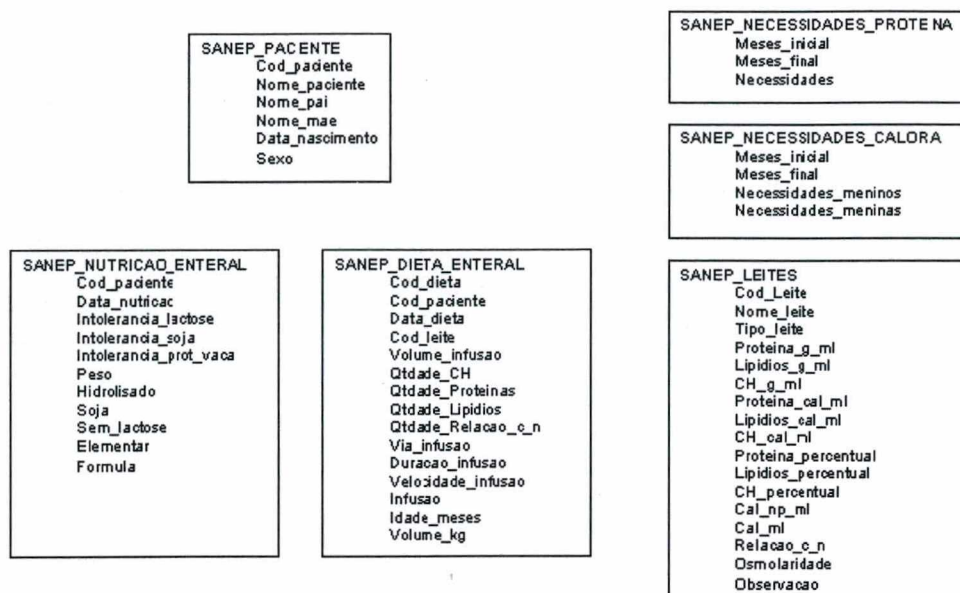


Figura 12 - Tabelas utilizadas pelo sistema SANEP

A seguir são ilustradas as principais telas e algumas funções básicas do sistema SANEP.

A princípio, enquanto todos os módulos do sistema SIDENP não estão integrados através da tecnologia de sistemas multi-agentes, a primeira tela (Figura 13) do sistema SANEP contém uma evidência preliminar que deverá ser controlada pelo módulo que indicará qual a dieta a ser adotada (dieta enteral ou dieta parenteral). Caso a evidência informada pelo módulo seja, por exemplo, trato gastro-intestinal íntegro, o usuário será encaminhado para o sistema SANEP, caso contrário será encaminhado para o sistema SANPAP.

Ao inicializar o SANEP aparece uma estrutura de menus, e a tela principal com botões de atalho para as principais operações do sistema. Um dos itens do menu (“Exibir/Barra de Botões”) permite exibir ou não estes botões de atalho.

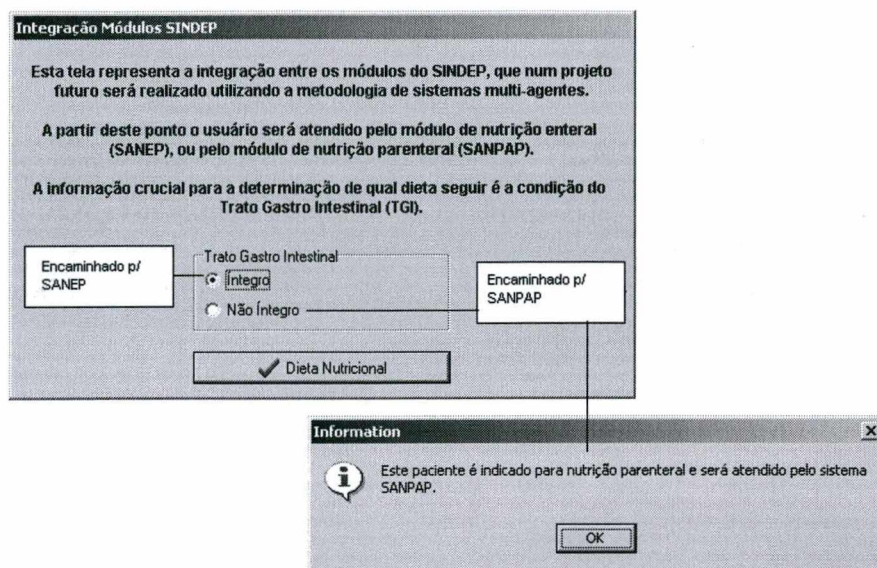


Figura 13 – Tela de encaminhamento da Dieta Nutricional

Através do botão “Dieta Enteral” é possível indicar um plano de nutricional de dieta enteral para um paciente, através de suas características e de outros parâmetros clínicos (Figura 14). Esta tela possui dois botões, o botão “Sugestão de Leite” verifica na base de conhecimento a dieta láctea mais indicada para o paciente, já o botão “Indicação da Dieta” seleciona os parâmetros que definirão os valores para plano nutricional.

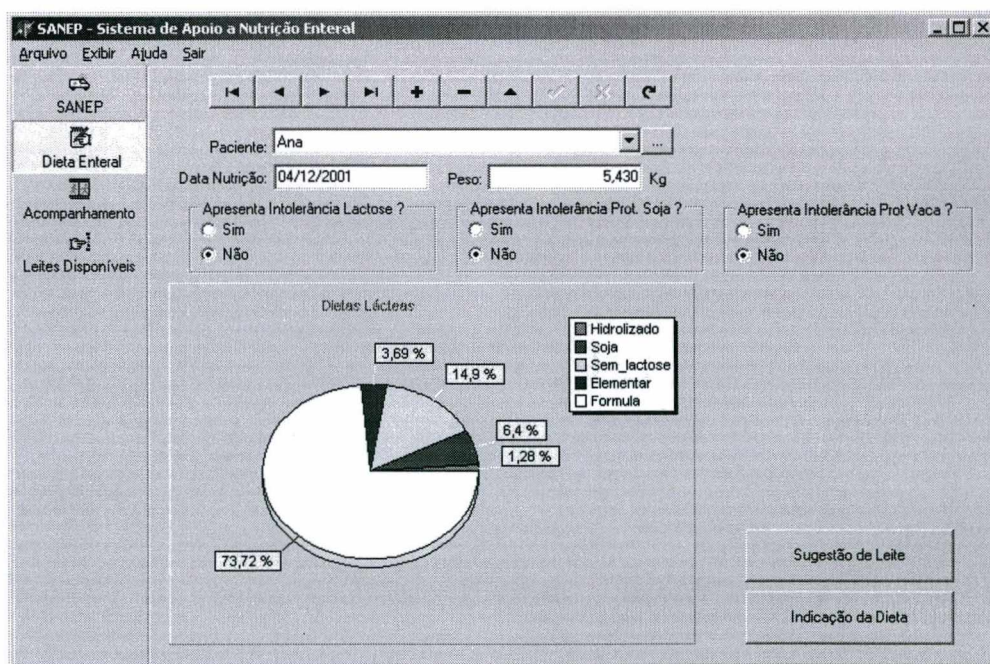


Figura 14 - Tela para indicação da Dieta Láctea

A tela “Indicações para Determinação da Dieta” (Figura 15) contém informações essenciais para a geração do relatório de Plano Nutricional. Nesta tela o usuário deverá informar o volume (em ml) da dieta que será realizado a infusão, entre outras características determinantes, como o leite utilizado na infusão. Esta determinação do leite fica a critério do usuário, que pode estar vinculado a qual dos listados estão disponíveis na enfermaria, ou ainda pela quantidade de proteína e/ou caloria cada um deles possui.

Para dar sequência ao processo de geração do Plano Nutricional, o usuário deve clicar no botão “Salvar Dados” para que o sistema armazene os dados gerados/calculados para depois disponibilizar nas telas de acompanhamento. A partir deste momento o usuário já pode visualizar o Plano Nutricional através do botão “Visualizar Dieta Enteral”.

Indicações para Determinação da Dieta

Leite: Volume: ml por Kg
 Infusão: Indicado de 100 a 150 ml
 Via de Infusão: Idade em Meses:
 Duração Infusão: hs Peso em Kg:

Dados sobre os leites disponibilizados

Leite	Prot. g/ml	Lip. g/ml	CH g/ml	Prot. cal/ml	Lip. cal/ml	CH cal/ml	Prot. %	Lip. %	CH %	Cal. l
NAN I	0,01500	0,03400	0,07600	0,06000	0,30600	0,30400	9,84	47,37	45,37	C
NAN II	0,02200	0,02900	0,07900	0,08800	0,26100	0,31600	16,06	41,49	47,52	C
▶ Pré-NAN	0,02060	0,03430	0,07990	0,08240	0,30870	0,31960	11,70	43,66	44,97	C
NAN 2 Pro	0,02200	0,02950	0,07900	0,08800	0,26550	0,31600	13,99	41,91	47,20	C

Figura 15 - Tela de parâmetros do Plano Nutricional

O Plano Nutricional, a dieta enteral sugerida pode ser visualizada através da tela “Dieta Enteral” ou ainda pelo relatório “Dieta Enteral”. Nesta tela ainda é possível acompanhar o relacionamento da dieta enteral sugerida com as necessidades energéticas e protéicas sugeridas para a idade (Figura 16).

Dieta Enteral

Plano Nutricional de Dieta Enteral

Dieta: NAN I

Data: 3/12/2001 Id. em meses: 6,17

Volume: 80 p/ Kg Peso (Kg): 6,870

Vol. Total: 549,6 ml TCM (ml): 10,99

CH: Proteínas: Lipídios:

Total (g/ml)	41,77	8,24	18,69
Total (cal/ml)	167,08	32,98	168,18
g/Kg	6,08	1,20	2,72
cal/Kg	24,32	4,80	24,48

VCT: 48,80 cal/Kg

Relação C/N: 139690,00

Via de Infusão

☐ Via Oral

☒ Sonda Naso-gástrica - SNG

☐ Sonda Nasojejunal - SNJ

☐ Gastrostomia

Infusão

☒ Contínua

☐ Bolus

Vel. de Infusão: 7

Como das Necessidades Padrão e o Determinado para Dieta Enteral

Bar Chart Legend: Prot. Indicada (dark grey), Prot. Prescrita (light grey), Cal. Indicada (dark grey), Cal. Prescrita (light grey)

Bar Chart Values: 1, 4, 8, 95, 48,8

Imprimir Voltar

Figura 16 - Tela com os dados da Dieta Enteral do SANEP

O sistema ainda conta com um cadastro de leites (Figura 17), que serão utilizados no decorrer da dieta, indicando as quantidades energéticas, protéicas, etc. que este leite possui. E disponibiliza gráficos específicos para a verificação de quantidades de componentes disponível nos leite, de acordo com seu tipo.

SANEP - Sistema de Apoio a Nutrição Enteral

Arquivo Exibir Ajuda Sair

Leites Disponíveis no SANEP para a Dieta Enteral

Cadastro Acompanhamento Hidrolisado Soja Fórmula Infantil Sem Lactose Elementar

Nome Leite: Alfarré

Tipo Leite: Hidrolisado

Proteínas:	0,02700 g/ml	0,10800 cal/ml	15,65 %
Lipídios:	0,03600 g/ml	0,32400 cal/ml	43,55 %
CH:	0,07800 g/ml	0,31200 cal/ml	41,94 %
Calorias:	0,63600		
	0,74400 np/ml		
Relação C/N:	147,22222 cal/ml		

Osmolaridade:

Observação:

Bar Chart Legend: Proteína % (dark grey), Lipídios % (light grey), CH % (dark grey)

Bar Chart Values: 15,652, 43, 41,935

Proteína_percentual

Figura 17 - Tela de cadastro de leites

O sistema ainda permite que o usuário tenham um acompanhamento completo de todas as ocorrências de um paciente, visualizando as evidências,

hipóteses diagnósticas geradas pela base de conhecimento, assim como dietas enterais sugeridas, gráfico de crescimento peso/idade e gráfico de acompanhamento calorias/Kg (Figura 18).

Dados Gerais Paciente

Paciente: Ana
 Data de Nascimento: 8/6/2001
 Sexo: ☒ Feminino ☐ Masculino

Dados dos Percentuais de Indicação

Data	Peso	Int. Lactose	Int. Proteína Vaca	Int. Proteína Soja	Hidrolizado (%)	Soja (%)	Fórmula (%)	Sem La
3/12/2001	6,87	N	S	S	99,8	0,23	0	
4/12/2001	5,43	N	N	N	1,24	6,3	74	

Figura 18 - Tela de Acompanhamento de Pacientes do SANEP

4.4 Relatórios e Gráficos de Acompanhamento

O relatório disponível no sistema SANEP é basicamente o Plano Nutricional (Anexo I) utilizado pela equipe de suporte nutricional em ambulatório. Este Plano Nutricional foi alterado, incluindo dados comparativos da dieta enteral prescrita e as necessidades nutricionais do paciente (Figura 19).

Print Preview

SANEP Sistema de Apoio a Nutrição Enteral

Avaliação Nutricional

Nome: Ana
 Data de Nascimento: 8/8/2001 Data da Dieta: 3/12/2001 Idade em meses: 6,2
 Peso: 6,87 Kg

Plano Nutricional - Dieta Enteral

Dieta: NAN I
 Volume: 549,600 ml TCM: 10,992 ml
 CH: 6,080 g/Kg Via de Infusão: Sonda Naso-gástrica - SNG
 Proteínas: 1,200 g/Kg Infusão: Contínua
 Lipídios: 2,720 g/Kg Vel. de Infusão: 7
 VCT: 48,800 cal/Kg
 Relação C/N: 139890,0

NUTRICIONISTA MÉDICO

0% Page 1 of 1

Figura 19 - Relatório de Plano Nutricional / Dieta Enteral do SANEP

Outro relatório disponibilizado é um relatório tabular contendo as informações completas dos leites (Figura 20), permitindo a análise do leite mais indicado em cada situação.

Relatório de Leites Disponíveis no SANEP

SANEP Sistema de Apoio a Nutrição Enteral

Relatório de Leites Disponíveis para Plano Nutricional

Elementar	Leite	Prot. (g/ml)	Lip. (g/ml)	CH (g/ml)	Prot. (cal/ml)	Lip. (cal/ml)	CH (cal/ml)	Prot. (%)	Lip. (%)	CH (%)	Cal (tr/l)	Cal (gptr/l)	Relação C/N
	Neocate	0,020	0,036	0,086	0,080	0,324	0,344	11,94	44,75	45,99	0,148	0,668	208,760
	Peptamen Jr.	0,030	0,039	0,137	0,120	0,361	0,548	13,19	35,42	53,78	1,019	0,899	187,292
Fórmula Infantil	Leite	Prot. (g/ml)	Lip. (g/ml)	CH (g/ml)	Prot. (cal/ml)	Lip. (cal/ml)	CH (cal/ml)	Prot. (%)	Lip. (%)	CH (%)	Cal (tr/l)	Cal (gptr/l)	Relação C/N
	NAN 2 Pro	0,022	0,029	0,079	0,088	0,295	0,316	13,99	41,91	47,20	0,669	0,582	166,199
	NAN I	0,015	0,034	0,076	0,060	0,306	0,304	9,84	47,37	45,37	0,670	0,610	264,167
	NAN II	0,022	0,029	0,079	0,088	0,261	0,316	16,06	41,49	47,62	0,665	0,677	163,920
	Pre-NAN	0,021	0,034	0,080	0,082	0,309	0,320	11,70	43,66	44,97	0,711	0,628	190,626
Hidrolisado	Leite	Prot. (g/ml)	Lip. (g/ml)	CH (g/ml)	Prot. (cal/ml)	Lip. (cal/ml)	CH (cal/ml)	Prot. (%)	Lip. (%)	CH (%)	Cal (tr/l)	Cal (gptr/l)	Relação C/N
	Albini	0,027	0,036	0,078	0,108	0,324	0,312	15,65	43,55	41,94	0,744	0,636	147,222
	Freemom II	0,020	0,035	0,081	0,078	0,315	0,324	11,68	44,18	45,19	0,717	0,639	204,808
Sem Lactose	Leite	Prot. (g/ml)	Lip. (g/ml)	CH (g/ml)	Prot. (cal/ml)	Lip. (cal/ml)	CH (cal/ml)	Prot. (%)	Lip. (%)	CH (%)	Cal (tr/l)	Cal (gptr/l)	Relação C/N
	ADN	0,020	0,034	0,088	0,079	0,302	0,360	10,94	41,45	47,87	0,732	0,653	205,061
	NAN S/Lactose	0,019	0,033	0,074	0,076	0,297	0,295	12,14	45,48	44,25	0,669	0,593	196,066
	Nutrena	0,040	0,038	0,126	0,160	0,342	0,504	17,58	34,83	50,10	1,006	0,846	132,188
	Nutridrink	0,050	0,055	0,078	0,200	0,581	0,072	23,60	68,16	8,42	0,853	0,653	81,655

10/12/2001 21:35:44

Page 1 of 2

Figura 20 - Relatório de Cadastro de Leites do SANEP

A disponibilização de vários gráficos no sistema SANEP, tem a intenção de permitir a comparação dos dados buscando com isto facilitar a tomada de decisões da equipe de suporte nutricional. Por exemplo, dentre os leites cadastrados qual oferece um maior percentual de proteínas, verificado na Figura 21.

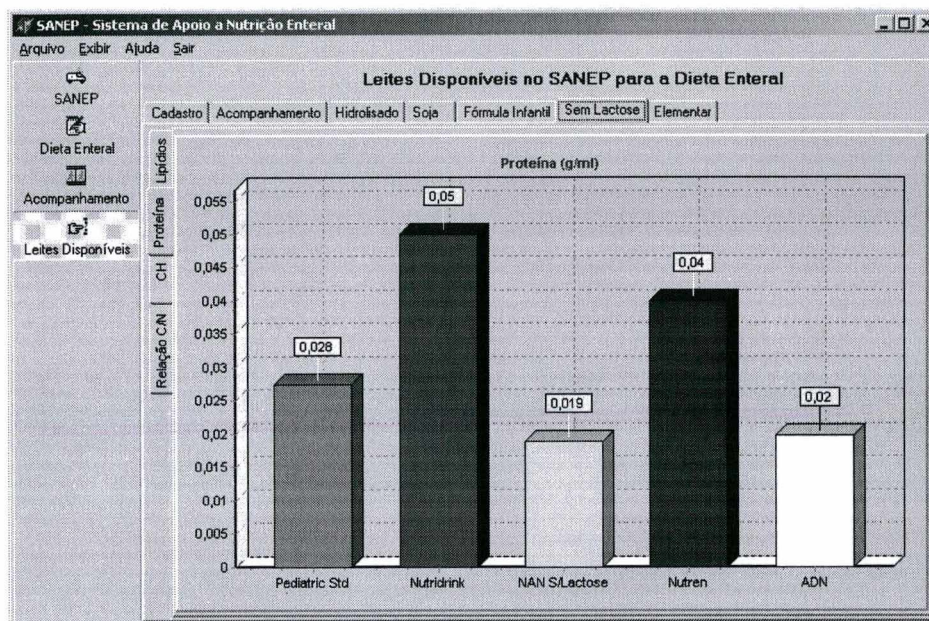


Figura 21 - Gráfico para análise dos leites disponíveis no SANEP

4.5 Módulo de ajuda

O arquivo de ajuda do SANEP foi desenvolvido utilizando o sistema Microsoft® Help Workshop versão 4.00.0950.

Tem como objetivo esclarecer ao usuário como utilizar o sistema, definindo todos os componentes e mostrando todas as formas de preencher os campos de entrada de dados. Além de conter informações sobre a Nutrição Enteral (domínio da aplicação) e os Sistemas Especialistas, que visam auxiliar no

conhecimento de estudantes de medicina e informática, e demais usuários do sistema.

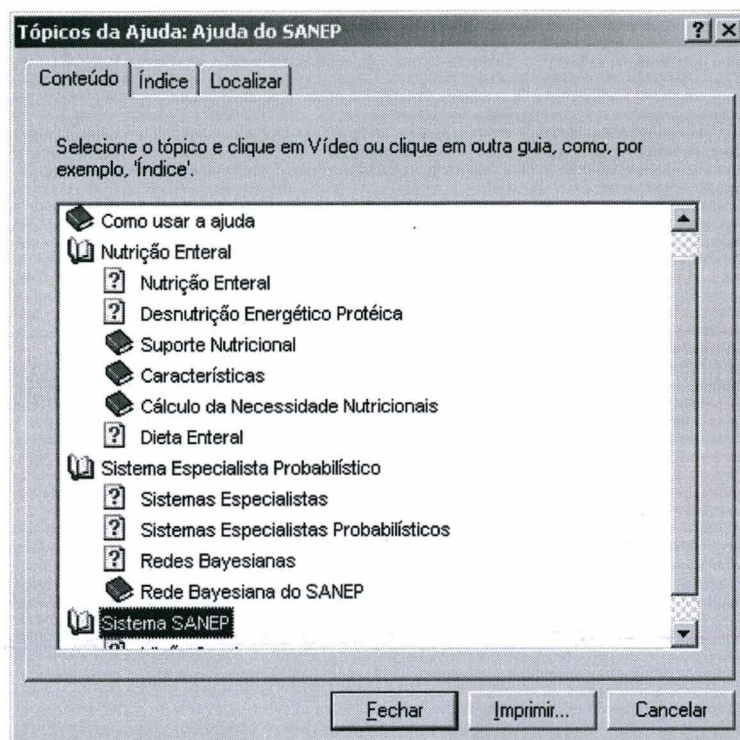


Figura 22 - Tela de Ajuda do sistema SANEP

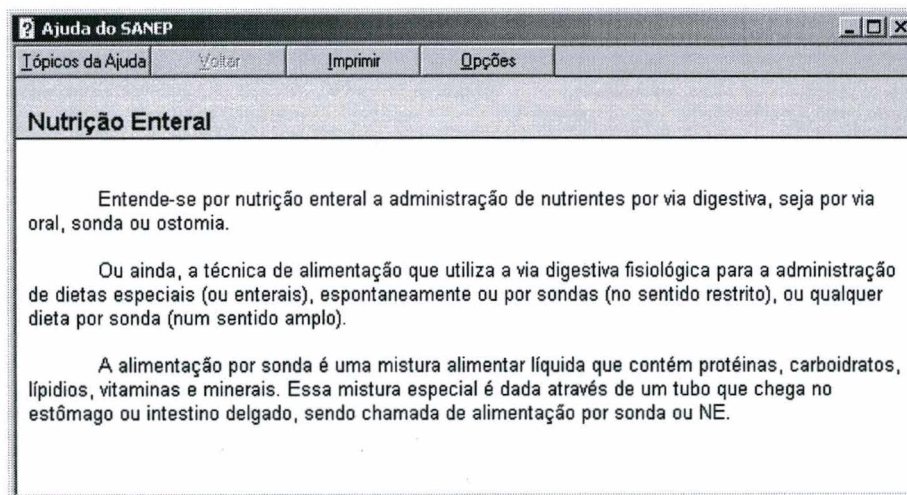


Figura 23 - Tela de Tópico da Ajuda do sistema SANEP

4.6 Avaliação do Sistema SANEP

A avaliação qualitativa do sistema foi realizada por três médicas pediatras especialistas na prescrição de dieta enteral em ambulatórios e hospitais.

Algumas observações feitas pelas especialistas avaliadoras foram:

- A interface é amigável;
- O sistema mantém um cadastro completo de leites, e permite que os dados sejam atualizados e comparados os leites de vários fabricantes;
- O sistema gera dieta enteral adequada com os dados informados, permitindo o ajuste de alguns valores não padronizáveis;
- O SANEP contribuiria para casos mais específicos, considerando suplementos alimentares agregados ao leite da dieta enteral;
- A ajuda do SANEP contém dados importantes sobre a Nutrição Enteral, como tabelas de necessidades protéicas, necessidades energéticas e também tabelas comparativas de vias de infusão, entre outras informações.

O sistema possui duas bases de dados, uma para a especificação dos leites, e outra para o armazenamento da prescrição da dieta enteral.

Foram gerados ruídos na rede bayesiana do sistema SANEP, permitindo uma análise de uma possível variação das crenças expressas pelos valores de probabilidade condicional inicialmente definido pelas especialistas que contribuíram com a formação da base de conhecimento do sistema SANEP.

Foi verificada a consequência de variação de crenças de outros especialistas para o SANEP com um grau de dissimilaridade de até 40%. O ruído utilizou os dados em seu estado binário, sendo reproduzido na rede bayesiana aumentando a menor probabilidade de cada evidência (Apêndice I).

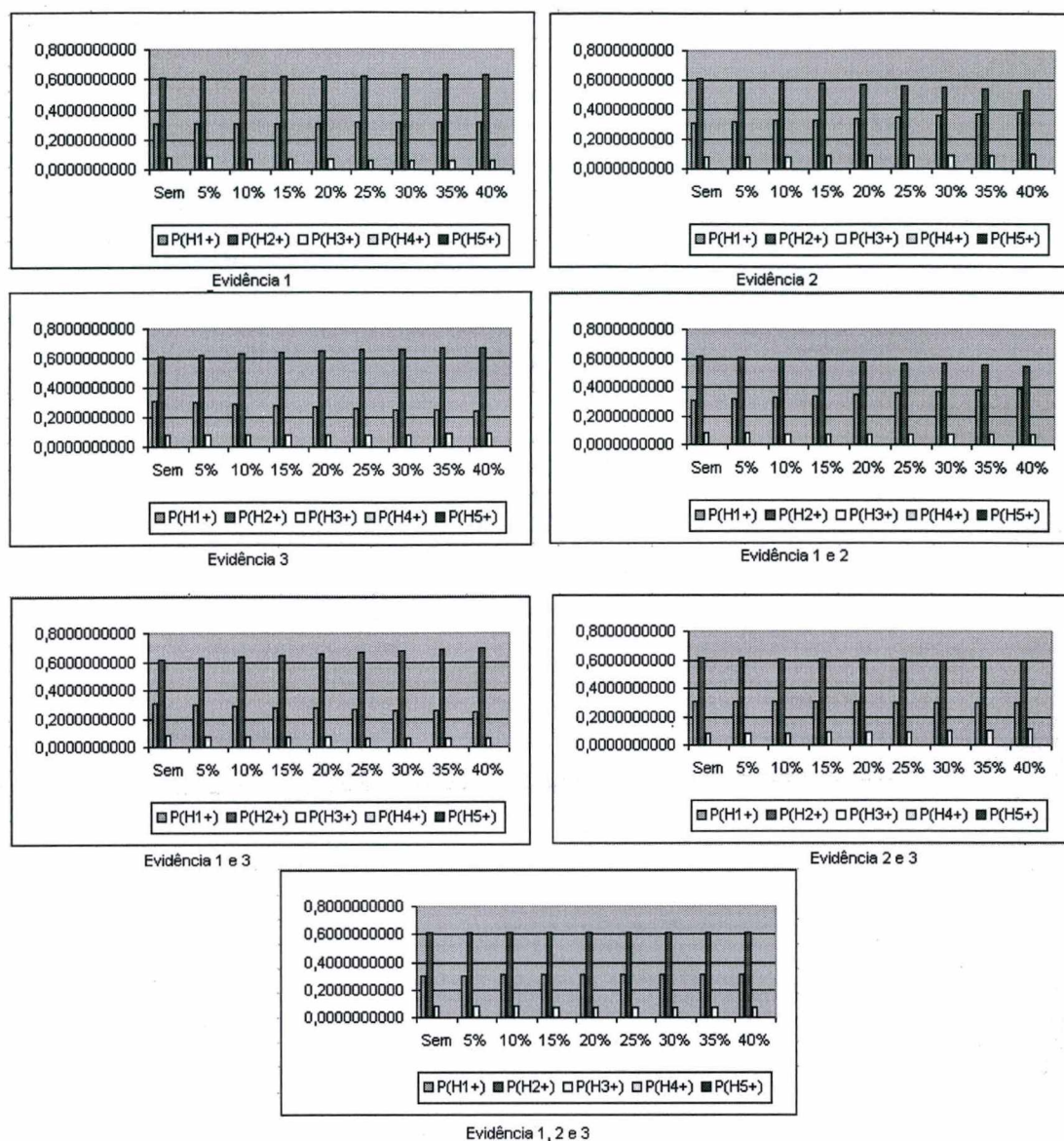


Figura 24 - Gráficos de Propagação de Ruídos na RB do SANEP

Como verificado na Figura 24 é possível verificar que as evidências 1 e 2 são as que mais interferem no estado da RB.

Genericamente é possível afirmar que este sistema obtém o mesmo diagnóstico que uma gama de especialistas que poderiam discordar do especialista virtual SANEP, em até 40% de variação na expressão numérica de suas crenças, como verificado na Figura 25.

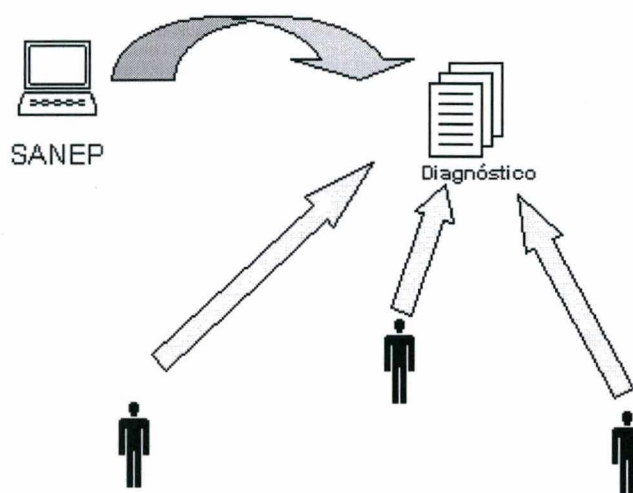


Figura 25 - Representação da dissimilaridade de crenças de especialistas

4.7 Consulta ao Sistema

Com a implantação do sistema SANEP, um membro da equipe de suporte nutricional informará as características (evidências) que o paciente apresenta, e o sistema definirá as hipóteses diagnósticas de acordo com o gráfico visualizado na Figura 26.

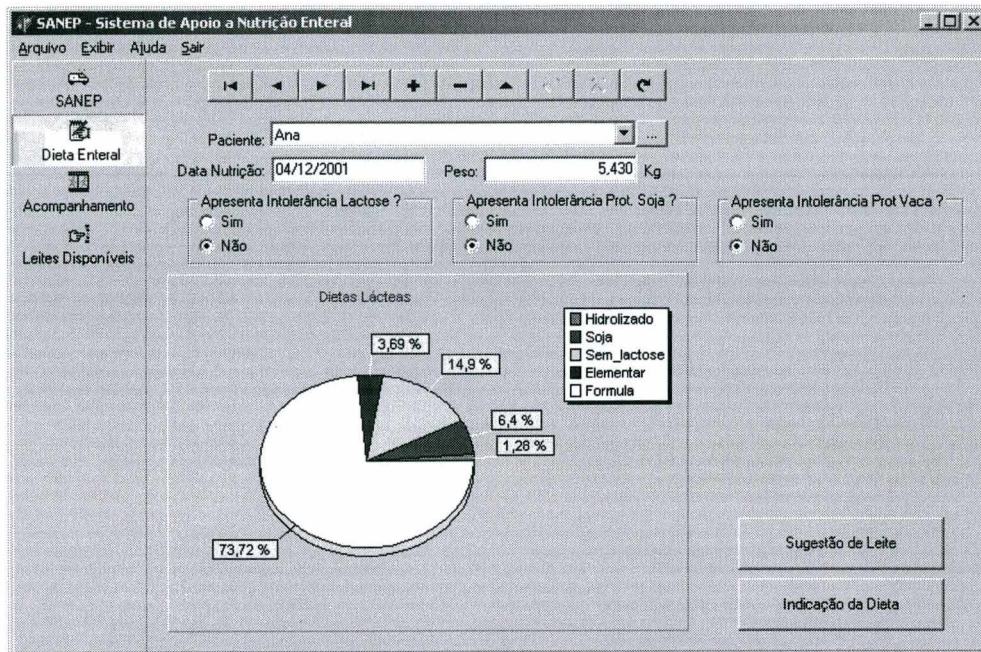


Figura 26 - Tela com a indicação do tipo de leite para um paciente no SANEP

A mesma inferência que o sistema demonstrou em tela é possível verificar definindo as mesmas evidências diretamente na rede bayesiana, como verificado na Figura 27.

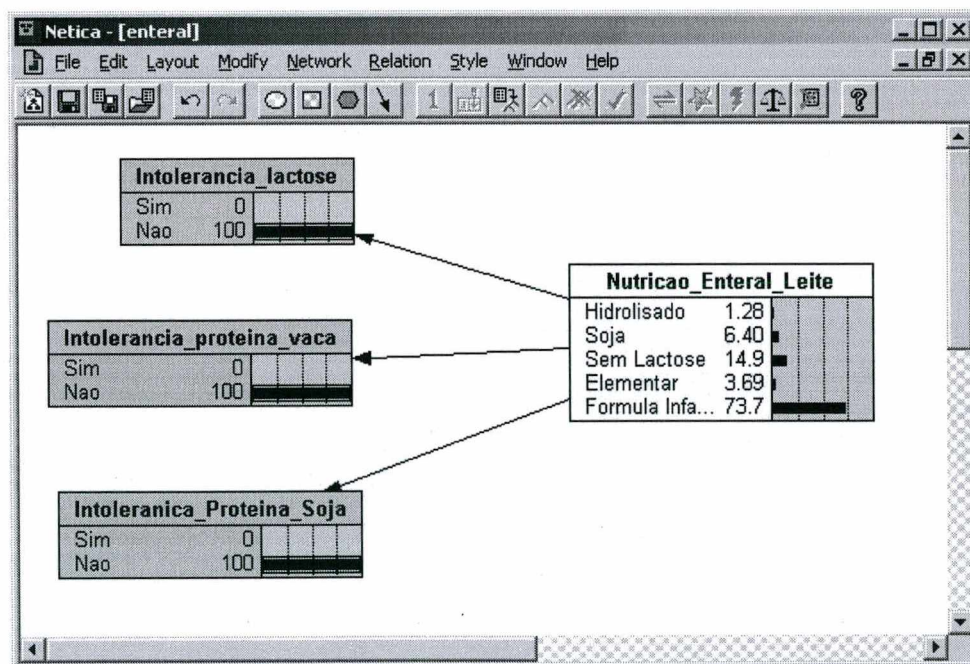


Figura 27 - Hipóteses Diagnósticas definidas pela RB do SANEP

A seguir será demonstrado como a *shell* Netica calculou que é indicado 74,0% a administração do **Leite Fórmula Infantil** dado que a criança **não apresenta intolerância a proteína da soja, não apresenta intolerância a proteína da vaca e não apresenta intolerância a lactose**.

$$P(Hi | e1 \cap e2 \cap e3) = \frac{P(Hi) \times P(e1 \cap e2 \cap e3 | Hi)}{P(e1 \cap e2 \cap e3)}$$

$$\frac{P(Hi) \times P(e1 \cap e2 \cap e3 | Hi)}{P(e1 \cap e2 \cap e3)} = \frac{P(Hi) \times P(e1 | Hi) \times P(e2 | Hi) \times P(e3 | Hi)}{P(e1 \cap e2 \cap e3)}$$

chamando $[P(e1 \cap e2 \cap e3)]^{-1} = \alpha$ de constante de normalização então

$$P(Hi | e) = \alpha \times P(Hi) \times \prod_{k=1}^n P(ek | Hi).$$

Reescrevendo a equação temos:

$$P(Hi | e1 \cap e2 \cap e3) = \alpha \times P(Hi) \times \Delta$$

a constante α de normalização é calculada pela restrição

$$\sum_{i=1}^m P(Hi | e1 \cap e2 \cap e3) = 1$$

Desta forma temos os seguintes cálculos, para a situação descrita anteriormente (Figura 27), para definir $P(Hi | e1 \cap e2 \cap e3)$.

onde:

H_i = Leite Fórmula Infantil

e_1 = Não Apresenta Intolerância Lactose

e_2 = Não Apresenta Intolerância Proteína Vaca

e_3 = Não Apresenta Intolerância Proteína Soja

$$P(H_i) = (0,2650 \ 0,2775 \ 0,3000 \ 0,0075 \ 0,1500)$$

$$\lambda_1 = P(e1|Hi) = (0,99 \ 0,92 \ 0,10 \ 0,99 \ 0,99)$$

$$\lambda_2 = P(e2|Hi) = (0,96 \ 0,05 \ 0,99 \ 0,99 \ 0,99)$$

$$\lambda_3 = P(e3|Hi) = (0,01 \ 0,99 \ 0,99 \ 0,99 \ 0,99)$$

$$\Delta = \lambda_1 \times \lambda_2$$

$$\Delta = [0,99 \ 0,92 \ 0,10 \ 0,99 \ 0,99] \times \begin{bmatrix} 0,96 \\ 0,05 \\ 0,99 \\ 0,99 \\ 0,99 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = [0,9504 \ 0,046 \ 0,099 \ 0,9801 \ 0,9801]$$

$$\Delta = [0,9504 \ 0,046 \ 0,099 \ 0,9801 \ 0,9801] \times \lambda_3$$

$$\Delta = [0,9504 \ 0,046 \ 0,099 \ 0,9801 \ 0,9801] \times \begin{bmatrix} 0,01 \\ 0,99 \\ 0,99 \\ 0,99 \\ 0,99 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = [0,009504 \ 0,04554 \ 0,09801 \ 0,970299 \ 0,970299]$$

$$1 = \alpha \times [0,2650 \ 0,2775 \ 0,3000 \ 0,0075 \ 0,1500] \times [0,009504 \ 0,04554 \ 0,09801 \ 0,970299 \ 0,970299]$$

$$1 = \alpha \times [0,00251856 \ 0,01263735 \ 0,029403 \ 0,00727724 \ 0,14554485]$$

$$1 = \alpha \times (0,197381003)$$

$$\alpha = \frac{1}{0,197381003} = 5,066344$$

então:

$$P(Hi|e1 \cap e2 \cap e3) = 5,066344 \times [0,2650 \ 0,2775 \ 0,3000 \ 0,0075 \ 0,1500] \times [0,009504 \ 0,04554 \ 0,09801 \ 0,970299 \ 0,970299]$$

$$P(Hi|e1 \cap e2 \cap e3) = 5,066344 \times [0,00251856 \ 0,01263735 \ 0,029403 \ 0,00727724 \ 0,14554485]$$

$$P(H_i | e_1 \cap e_2 \cap e_3) = [0,0128 \quad 0,0640 \quad 0,1490 \quad 0,0369 \quad 0,7374]$$

$$P(H_i | e_1 \cap e_2 \cap e_3) = 0,7374 = 73,74\%$$

para:

H_i = Leite Fórmula Infantil

e_1 = Não Apresenta Intolerância Lactose

e_2 = Não Apresenta Intolerância Proteína Vaca

e_3 = Não Apresenta Intolerância Proteína Soja

Os cálculos do teorema de Bayes confirmam o diagnóstico fornecido pela inferência à base de conhecimento da *shell* Netica, de acordo com a Figura 27. E o sistema SANEP está realizando a integração com a *shell* Netica de forma satisfatória com verificado na Figura 26.

5 Conclusões

As redes bayesianas se sobressaem sobre as outras representações de incerteza pela utilização da teoria da probabilidade. Esta teoria fornece consistência para tais interpretações, sendo portanto, uma técnica indicada para sistemas de decisão onde há a presença de incerteza por aleatoriedade. Outra vantagem no uso de redes bayesianas é a sua representação gráfica que facilita a comunicação com o especialista sendo esta integração (analista de sistemas x médicos) um dos maiores desafios na construção de um sistema especialista.

Os profissionais da Nutrição são constantemente desafiados a encontrar uma combinação entre o conhecimento geral sobre dietoterapia armazenado em sua mente e uma dieta que seja individualizada para o paciente que está sendo atendido naquele momento. Este processo de raciocínio baseia-se em fatores como: experiência do profissional e aprendizado, no emprego do raciocínio indutivo e dedutivo; interpretação das evidências nutricionais; e intuição.

Nesta dissertação desenvolveu-se um protótipo de um sistema para apoio e indicação de dieta enteral para crianças desnutridas até 2 anos, utilizando-se de técnicas da inteligência artificial, mas especificamente sistemas especialistas probabilísticos, para auxílio às atividades médicas, com o propósito de apoiar e facilitar o processo de suporte nutricional, mais especificamente nutrição enteral. Este sistema é denominado SANEP - Sistema de Apoio a Nutrição Enteral.

O sistema SANEP auxilia à nutrição pediátrica em questões relacionadas a dieta enteral, no que diz respeito a indicação do leite mais adequado para cada paciente, e no cálculo da dieta enteral de acordo com os parâmetros selecionados pelo usuário, podendo ainda ser usado para auxiliar o ensino-aprendizagem do suporte nutricional e dieta enteral.

A abordagem probabilística utilizada na representação do raciocínio

médico e para compor a base de conhecimento, mostrou-se uma técnica bastante útil por reconhecer e tratar a aleatoriedade das evidências informadas, necessárias para a indicação do leite mais adequado na nutrição enteral utilizada no suporte nutricional de crianças desnutridas de 0 a 2 anos de idade.

O processo de raciocínio médico para a indicação e cálculo da dieta enteral em crianças até 2 anos foi obtido aplicando-se técnicas de eliciação do conhecimento com as especialistas da área envolvidas no processo. Levando-se em consideração as ferramentas disponíveis para implementação de sistemas computacionais para aplicações em domínios com a presença de incerteza, utilizou-se a *shell* Netica, para a montagem da base de conhecimento do sistema especialista SANEP.

Nas etapas de desenvolvimento do SANEP, conseguiu-se atingir os objetivos previamente estabelecidos, implementando-se: a rede bayesiana para representação do conhecimento médico; a interface gráfica desenvolvida permitiu ao usuário uma fácil utilização do sistema; os relatórios e gráficos desenvolvidos possibilitaram ao usuário realizar análise e comparação sobre os dados gerados e disponibilizados no sistema; e o módulo de ajuda que mostrou-se útil para esclarecer tanto dúvidas de utilização, quanto dados sobre o domínio da aplicação (nutrição enteral). Tanto a rede bayesiana, quanto os relatórios e gráficos, e também a ajuda do sistema, são acessados através da interface gráfica desenvolvida.

A integração da rede bayesiana com o módulo de interface desenvolvido na linguagem de programação Delphi 5, foi baseado na integração já realizada pelo sistema SACI, devido ao fato de existir pouca documentação disponível. A integração apresentou resultados satisfatórios já que tanto as evidências indicadas (enviadas do Delphi para o Netica), quanto as hipóteses diagnósticas verificadas (dados lidos do Netica para o Delphi) não sofreram distorções e, demonstraram os mesmos resultados que quando acessada a rede bayesiana diretamente na *shell* Netica. Além disto, o tempo de resposta de acesso a rede bayesiana foi

satisfatório.

A avaliação do sistema junto aos especialistas da área supriu as expectativas, pois rapidamente utilizaram as telas e relatórios do SANEP, e comprovaram o sistema como adequado para a utilização no apoio da indicação e cálculo da dieta enteral, através das diversas consultas realizadas. A avaliação da base de conhecimento foi considerada adequada, pois atingiu um percentual de acerto de 100%.

Outra avaliação satisfatória do SANEP foi realizada pela aplicação de ruídos nas probabilidades condicionais da rede bayesiana, concluindo-se que esta permanece robusta para aumentos em até 40% nos menores valores de probabilidade. Esta avaliação permitiu verificar a possibilidade de variação na expressão numérica de crenças de vários especialistas da área.

Desta forma, o sistema SANEP conseguiu oferecer apoio em uma dificuldade encontrada pela equipe de suporte nutricional, oferecendo uma diminuição do tempo dispendido no cálculo manual da nutrição enteral, disponibilizando para os profissionais da equipe a oportunidade de preocupar-se mais com a fisiopatologia das doenças, com o diagnóstico e o atendimento da criança.

5.1 Trabalhos Futuros

Recomenda-se para futuras pesquisas que utilizarão a abordagem probabilística em sistemas especialistas:

- Ampliar o conhecimento da rede bayesiana do SANEP, incluindo mais variáveis que possam determinar o leite mais indicado de dieta enteral, podendo aumentar a abrangência de utilização do SANEP;

- Integrar o SANEP ao SIDENP, transformando o módulo SANEP em um agente inteligente integrável;
- Incluir no Plano Nutricional de Dieta Enteral do SANEP a possibilidade de inclusão de suplementos alimentares, complementando um ideal de quantidade de caloria na dieta enteral;
- Incluindo os suplementos alimentares, desenvolver um controle adequado aos limites de osmolaridade da fórmula de dieta enteral.

Referências Bibliográficas

ABAD, A., et al. **Influence of the nutritional status in the prognosis and clinical outcome of hospitalized patients with liver cirrhosis: Preliminary report.** 1987. v.2, p.63-68.

AIKINS, J., et al. **PUFF: An Expert system for interpretation of pulmonary function data:** Comput. Biomed. Res..1983. v.16, p. 199-208.

AMA. **AMA Health Insight:** Portal da Associação Médica Americana reúne informações sobre saúde geral, saúde da família, doenças e interatividade. Disponível em: <<http://www.ama-assn.org/consumer.htm>>. Acesso em: 28/08/2001.

AMERICAS DOCTOR. **AMERICASDOCTOR:** Site que mantém médicos de plantão para responder dúvidas em tempo real. Disponível em: <<http://www.americasdoctor.com>>. Acesso em: 28/10/2001.

ANDREASSEN, S., et al. A Model based Approach to Insulin Adjustment. In: **Proceedings of the Third Conference on Artificial Intelligence in Medicine.** Maastrich, Netherlands. 1991.

ANGELONI, M., et al. Estudo Comparativo entre Raciocínio Baseado em Casos e Redes Bayesianas Aplicados ao Diagnóstico de DEP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, XVII, 2000. Florianópolis. **Anais do XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica.**

BARRETO, J. **Apostila de Inteligência Artificial.** Florianópolis, 1997. Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina.

BENBASSAT, M., et al. **Pattern Based Interactive Diagnosis of Multiple disorders: The MEDAS system.** IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v.2, 1980, p. 148-160.

BERSETH, C. **Effect of early feedings on maturation of the preterm infant's small intestine.** J. Pediatr, 1992, p. 947-953.

BLOIS, M.; SHORTLIFFE, E. The computer meets medicine: emergence of a discipline. In: SHORTLIFFE, E.; PERREAULT, L. **Medical informations: Computer applications in medical care.** Massachusetts: Addison- Wesley, 1990, p. 1-36.

BRIGNOLI, J. **Modelo Híbrido Difuso Probabilístico.** 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

CARRAZZA, F.R.; MARCONDES, E. **Nutrição clínica em pediatria.** São Paulo: Sarvier, 1991, 279 p.

CAVALCANTI, M. L. **Revista da Web: Saúde!** Disponível em: <http://www.uol.com.br/revistadaweb>. Acesso em: 28/04/2000

COIERA, Enrico W. Inteligência Artificial na Medicina. **Revista Informática Médica,** São Paulo, v.1, n.4, jul./ago.1998. Disponível em: <http://www.epub.org.br/informaticamedica>. Acesso em: 04/12/2000

COOPER, G. F. **The computational complexity of probabilistic inference using bayesian belief networks:** Artificial Intelligence. 1990, 393-405 p.

DASEN, P. R.; SUPER, C. M. **The usefulness off a cross-cultural approach in studies of malnutrition and psychological development.** London: Sage Publications, 1988, v.10. (Cross-Cultural Research and Methodology Series).

DIEZ, F. J. D. **Sistema Experto bayesiano para ecocardiografia.** 1994. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências da Universidade Nacional de Educação a Distancia, Madrid, Espanha. Disponível em: <http://www.dia.uned.es/~fjdiez/papers/diaval.html>. Acesso em: 17/08/2001.

DOMBAL, F. T., et al. Computer Aided Diagnosis of Acute Abdominal Pain. **British Medical Journal.** Londres, Inglaterra, v.2, p. 9-13, 1972.

DUNN, L., et al. **Beneficial effects of early hypocaloric enteral feeding on neonatal gastrointestinal function:** Preliminary report of a randomized trial. J. Pediatr. 1988, p. 622-629.

DXPLAIN. **Ruth Lilly Medical Library.** Test Connection to DXplain. 1997. Disponível em: <http://www.medlib.iupui.edu/dxplain.html>.

ELSON, R. B., et al. **Computerized Decision:** Support System in Primary Care. Medical Decision Making, v. 22, jun. 1995.

FAGAN, L. **Knowledge engineering for dynamic clinical settings:** Giving advice in the intensive care unit, 1979. Tese (Doutorado) - Stanford University, USA.

GAAG, Linda C. Bayesian Belief Networks: Odds and Ends. **The Computer Journal**, v. 39, n. 2, p. 97-113, 1996.

GORRY, G.A.; SILVERMAN, H.; PAUKER, S.G. **Capturing clinical expertise: a computer program that considers clinical responses to digitalis.** Amer. J. Med., p. 452-460, 1978.

GPEB. **Laboratório de Informática Médica - LIM**. Disponível em: <http://www.gpeb.ufsc.br/lim/index.html>>. Acesso em: 10/09/2001.

GREENE, H.L. et al.. **Guidelines for the use of vitamins, trace elements, calcium, magnesium and phosphorus in infants and children receiving total parenteral nutrition**. American Society for Clinical Nutrition. Am. J. Clin. Nutr., v. 1, p.324, 1988.

GENEXIS. **Health Link**. Disponível em: <http://www.hlink.com.br>>. Acesso em: 28/04/2000.

GRUPO ORIGEM. **Um Conceito de Segurança Alimentar adequado ao trabalho com Projetos Sociais**: Documento elaborado por Plínio Pereira, coordenador do Departamento de Estudos e Atuação Social do Ceris, publicado em maio de 1998, no Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.aleitamento.org.br/foodsec2.htm>>. Acesso em: 12/10/2001.

GSI. **Sistemas Especialistas Aplicados à Medicina – Introdução**. Site desenvolvido pelo Grupo de Sistemas Inteligentes, DIN – UEM. Responsáveis: Andréia Oliveira Cuer e Luciane Yanase Hirabara. Disponível em: <http://www.din.uem.br/~ja/medicina/introducao.html>>. Acesso em: 06/12/2000.

HERSKOVITS, E.; COOPER, G. **An Entropy-Driven System for Construction of Probabilistic Expert Systems from Database**. Stanford University, EUA, 1991.

HERNANDO, M. E., et al. **DIABNET - A Qualitative Model Based Advisory System for Therapy Planning in Gestational Diabetes**. Medical Informatics, v.21, 1996, p.359-374.

HUGIN EXPERT. Disponível em: <<http://www.hugin.dk>>. Acesso em: 01/12/2001.

IATROS. **Modelando o Diálogo Paciente-Médico**. Portal de Estatística e Pesquisa Científica para Profissionais de Saúde. Disponível em: <<http://www.vademecum.com.br/iatros/Equipe.htm>>. Acesso em: 16/10/2001

ILIFE. Disponível em: <<http://www.ilife.com.br>>. Acesso em: 28/04/2000.

IVILLAGEHEALTH. **Ali Health**: Traz um grande guia de remédios e explica os exames mais populares. Disponível em: <<http://www.allhealt.com>>. Acesso em: 28/04/2000.

JENSEN, F.V. **An Introduction to Bayesian Networks**. New York, NY:Springer-Verlag, 1996.

KAHN, C. E. Jr. et al. **Construction of a Bayesian Network for mammographic diagnosis of breast câncer**. 1997.

KI. **Knowledge Industries - Dxpess**. Disponível em: <<http://www.kic.com>>. Acesso em: 28/10/2001.

KOEHLER, C. **Uma Abordagem Probabilística para Sistemas Especialistas**. 1998. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

KULIKOWSKI, C.A.; WEISS, S. Representation of expert knowledge for consultation: The CASNET and EXPERT projects. In: SZOLOVITZ, P. **Artificial Intelligence in Medicine**. Wstview Press, Boulder, CO, 1982, pp. 21-55.

LAURITZEN, S. L.; SPIEGELHALTER, D. J. **Local computations with probabilities on graphical structures and their applications to expert systems.** J. Royal Statist. Soc., B, v.2, 1988, p.154-227.

LEITE, H.P. **Nutrição Enteral em Pediatria.** Pediatria Moderna, São Paulo, 1999, v.35, 7. ed.

LEVINE, G.M. et al. **Role of oral intake in maintenance of gut disaccharide activity.** Gastroenterology 1947, p. 975-982.

MEETZE, W.H. et al. **Gastrointestinal priming prior to full enteral nutrition in very-low-birthweight infants.** J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. v.15, 1992, p.163-170.

MILHO, I. **Sistema de Apoio ao Diagnóstico Médico Baseado em Redes Bayesianas.** Disponível em: <http://www.deec.isel.ipl.pt/eventos/Seminarios/Resum0322I.htm>>. Acesso em: 28/08/2001.

MILLER, R.A.; POPLER, H.E.; MYERS, J.D. **Internist-I: an experimental computer-based diagnostic consultant for general medicine.** N. Engl. J. Med., 1982, p. 307:468.

MILLER, R. A.; SCHAFFNER, K.F.; MEISER, A. **Ethical and legal issues related to the use of computer programs in clinical medicine.** Ann. Int. Med., 102: 529-36, 1985.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Instituto Nacional de Alimentação e Nutrição. **Proposta de Implantação de Casos Graves e Moderados de Desnutrição em Menores de 24 Meses.** Brasília, 1994. Documento Final.

NASSAR, S.M.. **Tratamento de Incerteza: Sistemas Especialistas Probabilísticos (Apostila)**. Florianópolis, 2000. Departamento de Pós-Graduação em Ciências da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina.

NEAPOLITAN, R.E. **Probabilistic Reasoning in Expert Systems: Theory and Algorithms**, New York : John Wiley & Sons. Currently out of print, 1990.

NORVIG, P. et al. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**, Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1995.

PATIL, R.S.; SZOLOVITS, P.; SCHWARTZ, W.B. Modeling knowledge of the patient in acid-base and electrolyte disorders. In: Szolovitz, P. **Artificial Intelligence in Medicine**. Westview Press, Boulder, CO, 1982, pp. 191-226.

PAUKER, S.G. et al. **Toward the simulation of clinical cognition: taking a present illness by computer**. Amer. J. Med., v. 60, 1976, p.981-995.

PEARL, J. **Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference**. Morgan Kaufmann: San Mateo, CA, 2nd ed., 1988.

PEARL, J. **Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference**. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1988.

RABUSKE, R. **Inteligência Artificial**. Florianópolis: Editora da UFSC, p.240, 1995.

REIS, L.; CARGNIN, M. **SDDEP – Uma Aplicação na Área Médica Utilizando Raciocínio Baseado em Casos**. Trabalho de Conclusão (Bacharelado em Ciências da Computação) – Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

RIBEIRO-NETO, B.; SILVA, I.; MUNTZ, R. Bayesian network models for ir. In: **Soft Computing in Information Retrieval: Techniques and Applications**, F. Crestani and G. Pasi editors:Springer Verlag, 1999.

RÖDDER, W.; KERN-Isberner, G.. **Communication with a Knowledge Base by means of Probabilistic Logic**. SPEKTRON: Alemanha, 1995.

SABBATINI, R.M.E. **Microcomputers Applications in Medicine: a Review**. Genova: World Health Organization, Information Systems Support Division, 1985.

SABBATINI, R.M.E. Uso do Computador no Apoio ao Diagnóstico Médico. **Revista Informédica**, v.1, n.1, 1993.

SABBATINI, R.M.E. História da Informática em Saúde no Brasil. **Revista de Informática Médica**, v.1, n.5, 1998. Disponível em: <<http://www.epub.org.br/informaticamedica/n0105/sabbatini.htm>>. Acesso em: 04/12/2000

SHORTLIFFE, E.H.; SCOTT, A.; BISCHOFF, M. **ONCOCIN: na expert system for oncology protocol management**. Proc. Internat. Joint Conf. Artif. Intellig., 1981, p. 876-881.

SILVA, I. R.; RIBEIRO-NETO, B. A. Avaliação de desempenho de um modelo bayesiano para recuperação de informação em bibliotecas digitais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCOS DE DADOS, IX, 1998, Maringá, PR. **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Bancos de Dados**. p. 285-299.

SIMÕES, P.W.T.A. **SACI – Sistema de apoio na Avaliação de Distúrbios do Crescimento Infantil**, Florianópolis, 2001. Dissertação(Mestrado em Ciências da Computação) – Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina.

SLAGLE, T.A.; GROSS, S.J. **Effect of early low-volume enteral substrate on subsequent tolerance in very-low-birthweight infants.** J. Pediatr., 1988, p. 526-531.

SOUZA, I. **Nutrição Enteral.** MedPress **Revista Médica Virtual**, publicado em 20/10/1998. Disponível em: <<http://www.medpress.med.br/art/nutricao.htm>>. Acesso em: 04/05/2001

SPIEGELHALTER, D.J. et al. **Bayesian analysis in expert systems.** Statistical Science, v.8, 1993, p. 219-283.

STEIN, C. E. **Sistema Especialista Probabilístico: Base de Conhecimento Dinâmica.** Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina.

TELLES JR. M.; TANNURI, U. **Suporte Nutricional em Pediatria.** São Paulo: Atheneu Editora, 1994.

TOLEDO, R. V. A. **Sistema de Auxílio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléia.** Curitiba, PR, 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

TROCHE, B. et al. **Early minimal feedings promote growth of critically ill premature infants.** Pediatr. Res. v.27, 1990, p.292.

TSANG, R.C.; NICHOLS, B. **Nutrition in infancy.** Philadelphia, USA: Hanley & Belfuss, 1988.

WARNER, H. R., et al. A Mathematical Approach to Medical Diagnosis: Application to Congenital Heart Disease. **Journal of the American Medical Association**.1961, p.177-183.

WATSON, B.L. **Liability for failure to acquire or use computers in medicine**. New York: IEEE Comput. Soc., 1981, p.879-883.

WILMORE, D.W. **The practice of clinical nutrition: how to prepare for the future**, JPI v.13, 1989, p.337-343.

WISNER, A. **A inteligência no trabalho: textos selecionados de ergonomia**. São Paulo: Fundacentro, 1994, 191 p.

WONG, S. K. M.; YAO, Y. Y. **On modeling information retrieval with probabilistic inference**. ACM Transactions on Information Systems v.13, 1995, p. 38-68.

ZIEGLER, T.R. et al. **Potential role of glutamine supplementation in nutrition support**. Clin Nutr, 1993;p.582-90.

Anexo I

PROTOCOLO PARA NUTRIÇÃO ENTERAL / PARENTERAL

AVALIAÇÃO INICIAL

NOME: _____ RG: _____

IDADE: _____ DI: ____ / ____ / ____

DN: ____ / ____ / ____ FICHA: _____

UNIDADE: _____

MÉDICO RESPONSÁVEL: _____

H.D.:

P1. _____

P2. _____

P3. _____

P4. _____

P5. _____

MEDICAÇÕES: _____

AVALIAÇÃO LABORATORIAL:

Data: ____ / ____ / ____

Hemograma: Ht: ____ Hb: ____ VCM: ____ CHCM: ____

Leucócitos: ____ B: ____ S: ____ E: ____ Bas: ____ L: ____ M: ____

Plaquetas: _____

Albumina: ____ Pré-albumina: ____ Transferrina: ____

Fe sérico: ____ Ferritina: ____ Fosfatase alcalina: ____

Uréia: ____ Creatinina: _____

Na: ____ K: ____ Ca: ____ P: _____

Mg: _____ Glicemia: _____

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL: FICHA:

NOME: _____ RG: _____

DATA: ____/____/____ DN: ____/____/____ IDADE: _____

PESO: _____ ESTATURA: _____

PCT: _____ CB: _____

% P/I: _____ P/E: _____ E/I: _____ z-score P/I: _____ P/E: _____

E/I: _____

EXAME FÍSICO:

DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL: _____

PLANO NUTRICIONAL:**NUTRIÇÃO ENTERAL:**

DIETA: _____

VOLUME: _____

SUPLEMENTOS: _____

CH: _____ g/Kg Proteínas: _____ g/Kg

Lipídios: _____ g/Kg

VCT: _____ cal/Kg Relação C/N: ____/____

VIA DE INFUSÃO: VO () SNG () SNJ () GASTROSTOMIA ()

INFUSÃO: BOLUS () CONTÍNUA () VEL. DE INFUSÃO: _____

INTERMITENTE () ____/____ hs Descanso: _____

NUTRIÇÃO PARENTERAL:

1. SOLUÇÃO: _____

2. CH: _____ g/Kg Proteínas: _____ g/Kg Lipídios: _____ g/Kg

3. VOLUME: _____ VCT: _____ cal/Kg Relação C/N: ____/____

5. CENTRAL () PERIFÉRICA () VELOCIDADE DE INFUSÃO: _____

NUTRIÇÃO ENTERAL + PARENTERAL:

1. CH: _____ g/Kg Proteínas: _____ g/Kg Lipídios: _____ g/Kg

2. VOLUME: _____ VCT: _____ cal/Kg Relação C/N: ____/____

OBS: _____

CONDUTA GERAL:

NUTRICIONISTA MÉDICO

AVALIAÇÃO SEMANAL FICHA: _____

NOME: _____ RG: _____

DATA: ____ / ____ / ____

EVOLUÇÃO:

PI:	MEDICAÇÕES	EXAMES
P2:		
P3:		
P4:		
P5:		
P6:		
P7:		

INTERCORRÊNCIAS:

SONDA	ACESSO VENOSO	SINAIS INTOLERÂNCIA

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL:

PESO: _____ ESTATURA: _____ PCT: _____ CB: _____

% P/I: _____ P/E: _____ E/I: _____ z-score P/I: _____ P/E: _____ E/I: _____

PESO MÉDIO DA SEMANA: _____

GANHO DE PESO: _____ Kg/dia

EXAME FÍSICO:

DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL: _____**EVOLUÇÃO LABORATORIAL:**

PLANO NUTRICIONAL:**NUTRIÇÃO ENTERAL:**

DIETA: _____

VOLUME: _____

SUPLEMENTOS: _____

CH: _____ g/Kg Proteínas: _____ g/Kg Lipídios: _____ g/Kg

VCT: _____ cal/Kg Relação C/N: _____ / _____

VIA DE INFUSÃO: VO () SNG () SNJ () GASTROSTOMIA ()

INFUSÃO: BOLUS () CONTÍNUA () VEL. DE INFUSÃO: _____

INTERMITENTE () _____ / _____ hs Descanso: _____

NUTRIÇÃO PARENTERAL:

1. SOLUÇÃO: _____

2. CH: _____ g/Kg Proteínas: _____ g/Kg Lipídios: _____ g/Kg

3. VOLUME: _____ VCT: _____ cal/Kg Relação C/N: _____ / _____

5. CENTRAL () PERIFÉRICA () VELOCIDADE DE INFUSÃO: _____

NUTRIÇÃO ENTERAL + PARENTERAL:

1. CH: _____ g/Kg Proteínas: _____ g/Kg Lipídios: _____ g/Kg

2. VOLUME: _____ VCT: _____ cal/Kg Relação C/N: _____ / _____

OBS: _____

IMPRESSÃO: _____

CONDUTA:

NUTRICIONISTA_____
MÉDICO

RÓTULO PARA NUTRIÇÃO ENTERAL:

HOSPITAL INFANTIL JOANA DE GUSMÃO
SERVIÇO DE NUTRIÇÃO E DIETÉTICA

NOME:		RG:
UNIDADE:	LEITO:	CONTROLE:
COMPOSIÇÃO:		VOLUME:
VOL TOTAL:	VO () SNG () SNJ ()	VEL ADM:
DATA:	HORA:	VALIDADE:
NUTRICIONISTA:		CRN:

RÓTULO PARA NUTRIÇÃO PARENTERAL:

HOSPITAL INFANTIL JOANA DE GUSMÃO
SERVIÇO DE NUTRIÇÃO E DIETÉTICA

NOME:		RG:
UNIDADE:	LEITO:	CONTROLE:
COMPOSIÇÃO:		VOLUME:
OSMOLARIDADE:		
VOL TOTAL:	CENTRAL () PERIF ()	VEL ADM:
DATA:	HORA:	VALIDADE:
FARMACÊUTICO:		CRF:

Apêndice I

Tabela 1A - Reprodução da base de conhecimento em Microsoft Excel para a aplicação de ruídos

Sem	P(H1)	P(H2)	P(H3)	P(H4)	P(H5)	P(e1+H1)	P(e1+H2)	P(e1+H3)	P(e1+H4)	P(e1+H5)	P(e2+H1)	P(e2+H2)	P(e2+H3)	P(e2+H4)	P(e2+H5)	P(e3+H1)
Sem	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,99
e1 5%	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0105	0,084	0,895	0,0105	0,0105	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,99
e1 10%	0,1	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,011	0,088	0,89	0,011	0,011	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,99
e1 15%	0,15	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,0115	0,092	0,885	0,0115	0,0115	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,99
e1 20%	0,2	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,012	0,096	0,88	0,012	0,012	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,99
e1 25%	0,25	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,0125	0,1	0,875	0,0125	0,0125	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,99
e1 30%	0,3	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,013	0,104	0,87	0,013	0,013	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,99
e1 35%	0,35	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,0135	0,108	0,865	0,0135	0,0135	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,99
e1 40%	0,4	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,014	0,112	0,86	0,014	0,014	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,99
e2 5%	0,05	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,042	0,9475	0,0105	0,0105	0,0105	0,99
e2 10%	0,1	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,044	0,945	0,011	0,011	0,011	0,99
e2 15%	0,15	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,046	0,9425	0,0115	0,0115	0,0115	0,99
e2 20%	0,2	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,048	0,94	0,012	0,012	0,012	0,99
e2 25%	0,25	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,05	0,9375	0,0125	0,0125	0,0125	0,99
e2 30%	0,3	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,052	0,935	0,013	0,013	0,013	0,99
e2 35%	0,35	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,054	0,9325	0,0135	0,0135	0,0135	0,99
e2 40%	0,4	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,056	0,93	0,014	0,014	0,014	0,99
e3 5%	0,05	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,9895
e3 10%	0,1	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,989
e3 15%	0,15	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,9885
e3 20%	0,2	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,988
e3 25%	0,25	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,9875
e3 30%	0,3	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,987
e3 35%	0,35	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,9865
e3 40%	0,4	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,01	0,08	0,9	0,01	0,01	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,986

(continua)

(continuação)																				
P(e3+H2)	P(e3+H3)	P(e3+H4)	P(e3+H5)	e1	Hi*D123+	e2	Hi*D123+	e3	Hi*D123+	e4	Hi*D123+	e5	Hi*D123+	Hi*D123+	A+	P(H1+)	P(H2+)	P(H3+)	P(H4+)	P(H5+)
0,01	0,01	0,01	0,01	0,0010	0,00010	0,00021	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00034	0,00036	2915,47314	0,30595	0,61487	0,07872	0,00002	0,00044
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00011	0,00011	0,00022	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00036	0,00036	2788,25406	0,30723	0,61744	0,07486	0,00002	0,00044
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00012	0,00012	0,00023	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00037	0,00037	2671,67338	0,30840	0,61980	0,07133	0,00002	0,00044
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00012	0,00012	0,00024	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00039	0,00039	2564,45024	0,30948	0,62197	0,06809	0,00002	0,00044
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00013	0,00013	0,00025	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00041	0,00041	2465,50147	0,31048	0,62397	0,06509	0,00002	0,00044
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00013	0,00013	0,00026	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00042	0,00042	2373,90485	0,31140	0,62582	0,06232	0,00002	0,00045
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00014	0,00014	0,00027	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00044	0,00044	2288,87031	0,31225	0,62754	0,05974	0,00002	0,00045
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00014	0,00014	0,00028	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00045	0,00045	2209,71707	0,31305	0,62914	0,05734	0,00002	0,00045
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00015	0,00015	0,00030	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00047	0,00047	2135,85535	0,31379	0,63063	0,05511	0,00002	0,00045
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00011	0,00011	0,00021	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00035	0,00035	2864,94061	0,31568	0,60263	0,08122	0,00002	0,00045
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00012	0,00012	0,00021	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00036	0,00036	2816,12995	0,32508	0,59080	0,08364	0,00002	0,00046
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00012	0,00012	0,00021	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00036	0,00036	2768,95462	0,33416	0,57936	0,08598	0,00002	0,00048
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00013	0,00013	0,00021	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00037	0,00037	2723,33380	0,34294	0,56831	0,08824	0,00002	0,00049
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00013	0,00013	0,00021	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00037	0,00037	2679,19189	0,35144	0,55761	0,09042	0,00003	0,00050
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00014	0,00014	0,00021	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00038	0,00038	2636,45813	0,35967	0,54725	0,09254	0,00003	0,00051
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00014	0,00014	0,00021	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00039	0,00039	2595,06620	0,36764	0,53722	0,09459	0,00003	0,00053
0,01	0,01	0,01	0,01	0,00015	0,00015	0,00021	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00039	0,00039	2554,95386	0,37536	0,52750	0,09658	0,00003	0,00054
0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,00010	0,00010	0,00022	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00035	0,00035	2818,11300	0,29558	0,62406	0,07989	0,00002	0,00044
0,011	0,011	0,011	0,011	0,00010	0,00010	0,00023	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00037	0,00037	2727,04527	0,28589	0,63265	0,08099	0,00002	0,00045
0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,00010	0,00010	0,00024	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00038	0,00038	2641,67902	0,27680	0,64070	0,08202	0,00002	0,00046
0,012	0,012	0,012	0,012	0,00010	0,00010	0,00025	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00039	0,00039	2561,49509	0,26826	0,64826	0,08299	0,00002	0,00046
0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,00010	0,00010	0,00026	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00040	0,00040	2486,03547	0,26023	0,65538	0,08390	0,00002	0,00047
0,013	0,013	0,013	0,013	0,00010	0,00010	0,00027	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00041	0,00041	2414,89459	0,25265	0,66209	0,08476	0,00002	0,00047
0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,00010	0,00010	0,00028	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00043	0,00043	2347,71199	0,24550	0,66843	0,08557	0,00002	0,00048
0,014	0,014	0,014	0,014	0,00010	0,00010	0,00030	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00044	0,00044	2284,16627	0,23873	0,67442	0,08634	0,00002	0,00048

(continua)

(continua)

(continuação)																
	P(H1)	P(H2)	P(H3)	P(H4)	P(H5)	P(e1+H1)	P(e1+H2)	P(e1+H3)	P(e1+H4)	P(e1+H5)	P(e2+H1)	P(e2+H2)	P(e2+H3)	P(e2+H4)	P(e2+H5)	P(e3+H1)
Sem	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0105	0,084	0,895	0,0105	0,0105	0,042	0,9475	0,0105	0,0105	0,0105	0,99
e1 e e2 5%	0,05	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15										0,99
e1 e e2 10%	0,1	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,011	0,89	0,011	0,011	0,044	0,945	0,011	0,011	0,011	0,99
e1 e e2 15%	0,15	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0115	0,885	0,0115	0,0115	0,046	0,9425	0,0115	0,0115	0,0115	0,99
e1 e e2 20%	0,2	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,012	0,88	0,012	0,012	0,048	0,94	0,012	0,012	0,012	0,99
e1 e e2 25%	0,25	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0125	0,1	0,875	0,0125	0,05	0,9375	0,0125	0,0125	0,0125	0,99
e1 e e2 30%	0,3	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,013	0,104	0,87	0,013	0,052	0,935	0,013	0,013	0,013	0,99
e1 e e2 35%	0,35	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0135	0,108	0,865	0,0135	0,054	0,9325	0,0135	0,0135	0,0135	0,99
e1 e e2 40%	0,4	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,014	0,112	0,86	0,014	0,056	0,93	0,014	0,014	0,014	0,99
e1 e e3 5%	0,05	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0105	0,084	0,895	0,0105	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,9895
e1 e e3 10%	0,1	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,011	0,088	0,89	0,011	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,989
e1 e e3 15%	0,15	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0115	0,092	0,885	0,0115	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,9885
e1 e e3 20%	0,2	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,012	0,096	0,88	0,012	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,988
e1 e e3 25%	0,25	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0125	0,1	0,875	0,0125	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,9875
e1 e e3 30%	0,3	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,013	0,104	0,87	0,013	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,987
e1 e e3 35%	0,35	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0135	0,108	0,865	0,0135	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,9865
e1 e e3 40%	0,4	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,014	0,112	0,86	0,014	0,04	0,95	0,01	0,01	0,01	0,986
e2 e e3 5%	0,05	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,01	0,08	0,9	0,01	0,042	0,9475	0,0105	0,0105	0,0105	0,9895
e2 e e3 10%	0,1	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,01	0,08	0,9	0,01	0,044	0,945	0,011	0,011	0,011	0,989
e2 e e3 15%	0,15	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,01	0,08	0,9	0,01	0,046	0,9425	0,0115	0,0115	0,0115	0,9885
e2 e e3 20%	0,2	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,01	0,08	0,9	0,01	0,048	0,94	0,012	0,012	0,012	0,988
e2 e e3 25%	0,25	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,01	0,08	0,9	0,01	0,05	0,9375	0,0125	0,0125	0,0125	0,9875
e2 e e3 30%	0,3	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,01	0,08	0,9	0,01	0,052	0,935	0,013	0,013	0,013	0,987
e2 e e3 35%	0,35	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,01	0,08	0,9	0,01	0,054	0,9325	0,0135	0,0135	0,0135	0,9865
e2 e e3 40%	0,4	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,01	0,08	0,9	0,01	0,056	0,93	0,014	0,014	0,014	0,986
e1 e e2 e e3 5%	0,05	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0105	0,084	0,895	0,0105	0,042	0,9475	0,0105	0,0105	0,0105	0,9895
e1 e e2 e e3 10%	0,1	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,011	0,088	0,89	0,011	0,044	0,945	0,011	0,011	0,011	0,989
e1 e e2 e e3 15%	0,15	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0115	0,092	0,885	0,0115	0,046	0,9425	0,0115	0,0115	0,0115	0,9885
e1 e e2 e e3 20%	0,2	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,012	0,096	0,88	0,012	0,048	0,94	0,012	0,012	0,012	0,988
e1 e e2 e e3 25%	0,25	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0125	0,1	0,875	0,0125	0,05	0,9375	0,0125	0,0125	0,0125	0,9875
e1 e e2 e e3 30%	0,3	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,013	0,104	0,87	0,013	0,052	0,935	0,013	0,013	0,013	0,987
e1 e e2 e e3 35%	0,35	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,0135	0,108	0,865	0,0135	0,054	0,9325	0,0135	0,0135	0,0135	0,9865
e1 e e2 e e3 40%	0,4	0,265	0,2775	0,3	0,0075	0,15	0,014	0,112	0,86	0,014	0,056	0,93	0,014	0,014	0,014	0,986

(continua)

(continua)

(continuação)

P(e3+ H2) P(e3+ H3) (e3+ H4) P(e3+ H5)	e1 H1*D123+ e2 H1*D123+ e3 H1*D123+ e4 H1*D123+ e5 H1*D123+	Hi*D123+	A+	P(H1+) P(H2+) P(H3+) P(H4+) P(H5+)
0,01 0,01 0,01 0,01	0,00010 0,00012 0,00021 0,00022 0,00023	0,00034 0,00036 0,00039 0,00041 0,00043	2915,47314 2740,29102 2581,93130 2438,16691 2307,14356	0,30595 0,61487 0,07872 0,00002 0,00044
0,01 0,01 0,01 0,01	0,00012 0,00013 0,00014 0,00015 0,00016	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2695,31088 2499,58148 2324,74776 2167,89760 2026,61516	0,31704 0,60523 0,07726 0,00002 0,00045
0,01 0,01 0,01 0,01	0,00013 0,00014 0,00015 0,00016 0,00018	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2499,58148 2324,74776 2167,89760 2026,61516 1898,88161	0,32785 0,59583 0,07583 0,00002 0,00047
0,01 0,01 0,01 0,01	0,00014 0,00015 0,00016 0,00018 0,00019	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2324,74776 2167,89760 2026,61516 1898,88161 1782,99858	0,33838 0,58667 0,07444 0,00002 0,00048
0,01 0,01 0,01 0,01	0,00015 0,00016 0,00018 0,00019 0,00021	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2167,89760 2026,61516 1898,88161 1782,99858 1677,52838	0,34864 0,57775 0,07309 0,00002 0,00050
0,01 0,01 0,01 0,01	0,00016 0,00018 0,00019 0,00021 0,00022	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2026,61516 1898,88161 1782,99858 1677,52838 1513,97442	0,35865 0,56904 0,07177 0,00003 0,00051
0,01 0,01 0,01 0,01	0,00018 0,00019 0,00021 0,00022 0,00023	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	1898,88161 1782,99858 1677,52838 1513,97442 1397,14356	0,36841 0,56055 0,07048 0,00003 0,00053
0,01 0,01 0,01 0,01	0,00019 0,00021 0,00022 0,00023 0,00024	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	1782,99858 1677,52838 1513,97442 1397,14356 1282,99858	0,37794 0,55227 0,06923 0,00003 0,00054
0,01 0,01 0,01 0,01	0,00021 0,00022 0,00023 0,00024 0,00025	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	1677,52838 1513,97442 1397,14356 1282,99858 1167,52838	0,38724 0,54418 0,06800 0,00003 0,00055
0,0105 0,0105 0,0105 0,0105	0,00011 0,00012 0,00013 0,00014 0,00015	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2695,31088 2499,58148 2324,74776 2167,89760 2026,61516	0,29684 0,62671 0,07599 0,00002 0,00045
0,011 0,011 0,011 0,011	0,00012 0,00013 0,00014 0,00015 0,00016	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2499,58148 2324,74776 2167,89760 2026,61516 1898,88161	0,28825 0,63787 0,07341 0,00002 0,00045
0,0115 0,0115 0,0115 0,0115	0,00013 0,00014 0,00015 0,00016 0,00018	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2324,74776 2167,89760 2026,61516 1898,88161 1782,99858	0,28013 0,64841 0,07098 0,00002 0,00046
0,012 0,012 0,012 0,012	0,00014 0,00015 0,00016 0,00018 0,00019	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2167,89760 2026,61516 1898,88161 1782,99858 1677,52838	0,27245 0,65838 0,06868 0,00002 0,00047
0,0125 0,0125 0,0125 0,0125	0,00015 0,00016 0,00018 0,00019 0,00021	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2026,61516 1898,88161 1782,99858 1677,52838 1513,97442	0,26517 0,66783 0,06650 0,00002 0,00047
0,013 0,013 0,013 0,013	0,00016 0,00018 0,00019 0,00021 0,00022	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	1898,88161 1782,99858 1677,52838 1513,97442 1397,14356	0,25826 0,67680 0,06443 0,00002 0,00048
0,0135 0,0135 0,0135 0,0135	0,00018 0,00019 0,00021 0,00022 0,00023	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	1782,99858 1677,52838 1513,97442 1397,14356 1282,99858	0,25170 0,68532 0,06246 0,00002 0,00049
0,014 0,014 0,014 0,014	0,00019 0,00021 0,00022 0,00023 0,00024	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	1677,52838 1513,97442 1397,14356 1282,99858 1167,52838	0,24546 0,69343 0,06059 0,00002 0,00049
0,0105 0,0105 0,0105 0,0105	0,00011 0,00012 0,00013 0,00014 0,00015	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2770,58393 2638,89163 2518,67475 2408,49872 2307,15850	0,30513 0,61192 0,08247 0,00002 0,00046
0,011 0,011 0,011 0,011	0,00012 0,00013 0,00014 0,00015 0,00016	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2638,89163 2518,67475 2408,49872 2307,15850 2213,63443	0,30431 0,60897 0,08621 0,00002 0,00048
0,0115 0,0115 0,0115 0,0115	0,00013 0,00014 0,00015 0,00016 0,00018	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2518,67475 2408,49872 2307,15850 2213,63443 2127,05792	0,30350 0,60604 0,08994 0,00002 0,00050
0,012 0,012 0,012 0,012	0,00014 0,00015 0,00016 0,00018 0,00019	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2408,49872 2307,15850 2213,63443 2127,05792 2046,68446	0,30268 0,60313 0,09364 0,00003 0,00052
0,0125 0,0125 0,0125 0,0125	0,00015 0,00016 0,00018 0,00019 0,00021	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2307,15850 2213,63443 2127,05792 2046,68446 1961,51616	0,30188 0,60022 0,09733 0,00003 0,00054
0,013 0,013 0,013 0,013	0,00016 0,00018 0,00019 0,00021 0,00022	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2213,63443 2127,05792 2046,68446 1961,51616 1886,53175	0,30107 0,59733 0,10101 0,00003 0,00056
0,0135 0,0135 0,0135 0,0135	0,00018 0,00019 0,00021 0,00022 0,00023	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2127,05792 2046,68446 1961,51616 1886,53175 1748,06989	0,30027 0,59445 0,10467 0,00003 0,00058
0,014 0,014 0,014 0,014	0,00019 0,00021 0,00022 0,00023 0,00024	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2046,68446 1961,51616 1886,53175 1748,06989 1624,58128	0,29948 0,59158 0,10831 0,00003 0,00060
0,0105 0,0105 0,0105 0,0105	0,00012 0,00013 0,00014 0,00015 0,00016	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2650,21603 2420,06716 2219,07571 2042,50168 1886,53175	0,30847 0,61460 0,07845 0,00002 0,00046
0,011 0,011 0,011 0,011	0,00013 0,00014 0,00015 0,00016 0,00018	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2420,06716 2219,07571 2042,50168 1886,53175 1748,06989	0,30698 0,61432 0,07819 0,00002 0,00048
0,0115 0,0115 0,0115 0,0115	0,00014 0,00015 0,00016 0,00018 0,00019	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2219,07571 2042,50168 1886,53175 1748,06989 1624,58128	0,30750 0,61405 0,07792 0,00003 0,00051
0,012 0,012 0,012 0,012	0,00015 0,00016 0,00018 0,00019 0,00021	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	2042,50168 1886,53175 1748,06989 1624,58128 1513,97442	0,30803 0,61377 0,07765 0,00003 0,00053
0,0125 0,0125 0,0125 0,0125	0,00016 0,00018 0,00019 0,00021 0,00022	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	1886,53175 1748,06989 1624,58128 1513,97442 1397,14356	0,30855 0,61349 0,07738 0,00003 0,00055
0,013 0,013 0,013 0,013	0,00018 0,00019 0,00021 0,00022 0,00023	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	1748,06989 1624,58128 1513,97442 1397,14356 1282,99858	0,30908 0,61321 0,07711 0,00003 0,00058
0,0135 0,0135 0,0135 0,0135	0,00019 0,00021 0,00022 0,00023 0,00024	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	1624,58128 1513,97442 1397,14356 1282,99858 1167,52838	0,30961 0,61293 0,07683 0,00003 0,00060
0,014 0,014 0,014 0,014	0,00020 0,00021 0,00022 0,00023 0,00024	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	1513,97442 1397,14356 1282,99858 1167,52838 1052,83814	0,31014 0,61265 0,07656 0,00003 0,00062